[redacted]

Jahrbuch

der

Erfindungen

und

Fortschritte auf den Gebieten

der

Physik und Chemie, der Technologie und Mechanik,
der Astronomie und Meteorologie.

Herausgegeben von

Bergrath Dr. H. Gretschel, Professor an der Königl. Bergakademie in Freiberg,

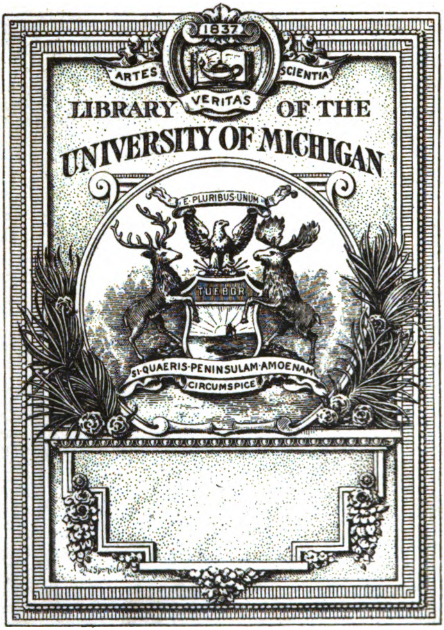
und

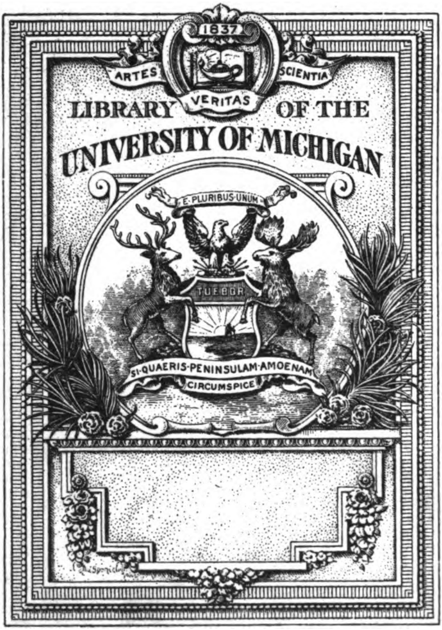
Reg.-Rath Dr. G. Wunder, Director der Techn. Staatslehranstalten in Chemnitz.

Siebzehnter Jahrgang.

Mit 46 Holzschnitten im Text.

Leipzig
Verlag von Quandt & Händel.
1881.


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

[redacted]

Jahrbuch

der

Erfindungen

und

Fortschritte auf den Gebieten

der

Physik und Chemie, der Technologie und Mechanik, der Astronomie und Meteorologie.

Herausgegeben von

Bergrath Dr. H. Gretschel, Professor an der Königl. Berg-akademie in Freiberg.

und

Reg.-Rath Dr. G. Wunder, Director der Techn. Staatslehr-anstalten in Chemnitz.

Siebzehnter Jahrgang.

Mit 46 Holzschnitten im Text.

Leipzig
Verlag von Quandt & Händel.
1881.

Inhaltsübersicht.

Astronomie.

Seite

Die Sonne 3
Sonnenparallaxe 3. — Durchmesser der Sonne 5. — Sonnenflecken 7. — Helle Linien im Sonnenspectrum 9. — Theorie der Sonne 10
Die großen Planeten und ihre Monde 15
Venus 15. — Mars 17. — Neu entdeckte Planetoiden 18. — Elemente der Planetoiden nach Loewy 19. — Durchmesser der Planetoiden 20. — Jupiter 21. — Saturn 24
Die Kometen des Jahres 1880 25
Komet 1880 a 26. — Komet b 31. — Komet c 31. — Komet d 32. — Komet e 33. — Komet f 34. — Komet g 35
Fixsterne und Nebel 36
Houzeau's allgemeine Uranometrie 36. — Intensitätsverhältnisse der Farben in den Spectren einiger Fixsterne 38. — Größe der Fixsterne 41. — Veränderliche Sterne 46
Instrumente 53
Das neue Aequatoreal der Wiener Sternwarte 53. — Der Kometensucher der Wiener Sternwarte 59. — Rotirender Spectralapparat 61. — Spectroskop zur Beobachtung lichtschwacher Nebel und Kometen 64. — Kleines Universalspectroskop 67. — Glan's Spectroteleskop 68. — Messung der Spectrallinien in lichtschwachen Spectren 70. — Interferenzgitter für Spectralapparate 71

Physik und Meteorologie.

Torsionselasticität 75
Melde's Apparat zur Untersuchung und Demonstration der Gesetze der Torsionselasticität 75. — Torsion von Metalldrähten 80
Bestimmung des specifischen Gewichtes 84
Bezold's hydrostatische Zeigerwage 84. — Paalzow's Volumenometer 85
Neue Form der Töpler'schen Quecksilberluftpumpe . 88

Seite

Radiophonie 90
Bell's Photophon 90. — Mercadier's radiophonische Untersuchungen 109. — Röntgen's Versuch 113. — Tyndall's Untersuchungen 115. — Bell's neuere Arbeiten 119. — Lord Rayleigh's Ansicht 123. — Tainter's Versuche 124. — Tainter's Apparat zur Vergleichung der Tonstärken zweier Stoffe 128. — Mercadier's Versuche über die Natur der tonerzeugenden Strahlen 128. — Spectrophon 130. — Thermophon von Blyth 134. — Photophonischer Geber von Berliner 134. Photophon ohne Batterie von Kalischer 135

Telephon und Mikrophon 136
Fernsprecher von A. Müller 137. — Telephon von Schiebeck und Plentz 137. — Telephon von W. E. Fein 138. — Bell's neuer telephonischer Uebertrager 140. — Telephon von Sasserath 141. — Gebr. Naglo's Telephon 141. — Suckow's Fernsprecher 142. — Pantelephon von de Locht-Labye 142. — Telephon von Holdinghausen 144. — Telephonsender von Pensky 145. — Blake's Telephonsender 145. — Berliner's Telephonsender 146. — Mikrophonsender von Barey 149. — Croßley's Mikrophonsender 149. — Telephonsender vou Hopkins 150. — Stürmer's Verbesserung desselben 151. — Lehmann's Fernsprechapparat 152. — Dolbear's elektrostatisches Empfangstelephon 153. — Telephon-Empfangsapparat von Blyth 154. — Chrystall's Differential-Telephon 156. — Das Drahttelephon 156. — Wurstenbergers Vorschlag zur Beseitigung des Rufapparates 159. — Boudet's Mikrophon 160. — Einrichtung von Fernsprechämtern 162. — Verwendung des Telephon's im Zeitungsdienste 171. — Benutzung des Telephons und Mikrophons im Festungskriege 171. — Verwendung des Mikrophons auf der Genfer Sternwarte 173. — Verwendung des Telephons zur Bestimmung der Flugzeiten der Geschosse 174, — zur Messung der Torsionsbeanspruchung der Triebwelle bei Dampfmaschinen 174

Optik 175

Brechung und Dispersion des Lichtes 175. — Kerber's Verfahren zur Bestimmung der Brennweite von Linsen 175. — Vogel's Verfahren zur Bestimmung der Brennpunkte und der Abweichungskreise eines Fernrohr-Objectivs für Strahlen verschiedener Brechbarkeit 176. — Ungleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit der verschiedenfarbigen Lichtstrahlen nach Young und Forbes 180. — Das Sonnenspectrum 183. — Umkehrung von Spectrallinien auf der Sonne 184. — Vertheilung des Lichtes im Spectrum 185. — Relative Dunkelheit der Fraunhofer'schen Linien 187. — Das ultraviolette Spectrum 190. — Die Heliumlinie D_3 195. — Relative Lichtintensität der Spectrallinien des Wasserstoffs, Stickstoffs und Magnesiums 196. — Harmonische Verhältnisse der Gasspectren 198. —

Seite

Spectra der Kohlenstoffverbindungen 200. — Einfluß des Druckes und der Temperatur auf die Spectra von Dämpfen und Gasen 201. — Anomale Dispersion 203
Die Newton'schen Ringe 206

Wärmelehre 213

Eis bei hohen Temperaturen 213
Wärmeleitung 223. — Wärmeleitungsvermögen von Metallen, abhängig von der Temperatur 223. — Wärmeleitung in Flüssigkeiten 224
Das Gesetz der correspondirenden Siedetemperaturen 232
Praktische Verwendung der Sonnenwärme . . . 235
Fleischer's Hydromotor 237

Elektricität und Magnetismus 244

Erregung der Elektricität: Niaudet's Element 244. — Ponci's Element 244. — Anderson's Patent-Batterie 245. — Maiche's Kette 245. — Reynier's Element 245. — Slater's Element 247. — Wöhler's Element 247. — Uelsmann's Zink-Eisen-Element 247. — Aufspeicherung der Elektricität 248. — Theorie der hydroelektrischen Ketten 252. — Umwandlung der Wärmestrahlung in Elektricität 256
Elektricitäts-Entladung 261. — Elektrische Schattenbilder 267
Der Telephotograph 273

Chemie und chemische Technologie.

Thermochemische Untersuchungen 275

Die Elemente und einige Verbindungen derselben 302

Sauerstoff: Darstellung von S. zu industrieller Verwendung 302. — Activer Sauerstoff 303
Chlor: Chlorkalk 309
Jod: Dampfdichte des Jods 310
Schwefel: Schützenberger's unterschwefligsaures Natron 312. — Spence-Metall 313. — Apparat zur Darstellung von Schwefelkohlenstoff nnd Schwefelsäure 314
Stickstoff: Uebersalpetersäure 315
Arsen: Arsenrückstände von der Fuchsinfabrikation 316
Bor: Zur Kenntniß der Borverbindungen 317. — Boroxytrichlorid 318. — Borwasserstoff 320. — Ueberborsäureverbindungen 322
Kohlenstoff: Rhodanverbindungen; Gewinnung derselben aus Gaswasser 323. — Anwendung der Rhodanverbindungen in der Kattundruckerei 324. — Rhodanaluminium 326

Seite

Silicium: Neue Verbindungen des S. 327. — Glas: Färbungen durch Eisen und Mangan 329. — Mechanisches Glasblasen 333
Natronsalze: Mactear's mechan. Sulfatofen 334. — Soda 338. — Causticirung der Sodalaugen 341. — Darstellung chemisch reiner Soda 346. — Heizung mit Natronsalzen . 347
Kalisalze: Engel's Potaschenfabrikationsmethode 348
Alkalische Erden: Strontianitgewinnung in Westfalen 349. — Tripolith 349. — Leuchtende Sulfüre der Erdmetalle . 352
Mangan: Manganmetall 358. — Mangansuperoxyd . . 362
Eisen: Schutz des Eisens gegen Rost 366. — Emailliren von Eisenguß 369. — Stickstoffgehalt des Eisens und Stahls 373. — Tempern von schmiedbarem Guß 374
Uran: Alkaliuranate 375
Cadmium: Schwefelcadmium 377
Kupfer: Gewinnung des Guyard'schen Violet 379
Aluminium: Aluminiumpalmitat. 379
Quecksilber: Ueber Amalgame. 380
Platin: Atomgewicht des Pl. 381. — Reinigung des Pl. 381. — Metallurgie des Pl. 383. — Zur Kenntniß der Pl.-Metalle 383

Kohlenwasserstoffe 384

Petroleum: Neue Fundorte des P. 384. — Die wichtigsten Destillate des P. 385. — Chem. Constitution der Erdöle 386. — Entflammungspunkt des P. 388. — Vergasung von Theerölen 394
Naphtalin: Reinigung des N. 397. — Verwendung des N. zu Beleuchtungszwecken 399. — Farbstoffe aus N. 403
Indigo: Künstlicher Indigo 403. — Anwendung desselben in der Druckerei 411
Papier: Papierstofffauger von Schuricht 414. — Halbcellulose 416. — Feuerbeständiges Papier 417. — Eisenbahnräder aus Papier 418. — Qualitätsnormen für Papiersorten 420

Nekrolog 425

Jahrbuch der Erfindungen.

I.

Astronomie.

Bei unserem diesjährigen Ueberblick über die bemerkenswertheren Arbeiten, die in der letzten Zeit auf dem Gebiete der Astronomie bekannt geworden sind, beginnen wir mit unserem Planetensystem, und den ersten Gegenstand unserer Aufmerksamkeit bildet der Centralkörper desselben,

die Sonne.

Sonnenparallaxe. — Der französische Akademiker Faye gab der Pariser Akademie in der Sitzung vom 21. Febr. 1881 eine Zusammenstellung der verschiedenen Werthe, die man in neuerer Zeit für diese wichtige Größe erhalten hat.[1]) Er bemerkt dabei, daß kaum eine andere für die Wissenschaft wichtige Zahl existirt, deren Bestimmung durch so verschiedene und von einander unabhängige Methoden erfolgt ist. Die Methoden, die er unterscheidet, sind dreierlei: geometrische Methoden, d. h. Bestimmung der Sonnenparallaxe aus Beobachtungen des Mars oder eines kleinen Planeten in seiner Opposition oder aus Beobachtung des Venus-Durchganges; mechanische Methoden, d. i. Berechnung aus den Störungen des Mondes, der Erde und der Planeten, endlich die physikalische Methode, d. i. Berechnung aus der Lichtgeschwindigkeit und der Aberrationsconstanten. Die von Faye gegebenen Zahlenwerthe sind folgende:

Geometrische Methoden: Mittel 8″ 82.

8″85	aus Marsbeobachtungen, Cassini's Methode . .	Newcomb.
8,79	„ dem Venusdurchgang 1769	Powalky.
8,81	„ „ „ 1874	Tupman.

---

1) Comptes rendus, Vol. XCII, p. 375.

8, 87	aus Beob. der Flora, Galle's Methode . . .	Galle.
8, 79	„ „ „ Juno, „ „ . . .	Lindsay.

Mechanische Methoden: Mittel 8″ 83.

8, 81	aus der Mondungleichheit, Laplaces Methode .	Faye.
8, 85	„ „ monatl. Gleichung der Erde . . .	Leverrier.
8, 83	„ den Störungen des Mars und der Venus	Leverrier.

Physikalische Methode: Mittel 8″ 81.

8, 799	aus der Lichtgeschw. nach Fizeau's Methode .	Cornu.
8, 813	„ „ „ „ Foucault's „ . .	Michelson.

Den ersten der nach mechanischen Methoden berechneten Werthe, 8″ 85, hat Faye gefunden, indem er als Coëfficienten der Ungleichheit des Mondes 125″ 2 annahm, was das Mittel aus dem von Airy aus Greenwicher und dem von Newcomb aus Washingtoner Beobachtungen berechneten Werthe ist; die mittlere Parallaxe des Mondes wurde zu 57′ 2″ 7, seine Masse zu $^{1}/_{80,8}$ der Erdmasse angenommen. Leverrier fand nach demselben Verfahren 8″ 95, welchen Werth Stone durch Berichtigung eines kleinen Irrthums auf 8″ 85 reducirte.

Aus den Venus- und Marsstörungen berechnete Leverrier 8″ 86; da aber eine der benutzten Zahlen einer kleinen Berichtigung bedurfte, so ist dafür 8″ 83 zu setzen.

Das allgemeine Mittel, das sich aus diesen verschiedenen Bestimmungen ergibt, ist 8″ 82, ein Werth, der in merkwürdig naher Uebereinstimmung mit dem von Laplace in der Mécanique céleste gegebenen Werthe von 27,2 Centesimalsekunden oder 8″ 813 ist.

Den wahrscheinlichen Fehler setzt Faye = ± 0″ 016.

Faye hält die physikalische Methode für die vorzüglichste und glaubt, daß der Werth 8″ 813 bis auf ein Hundertel-Sekunde richtig ist. Für die Beobachtung des nächsten Venusdurchganges 1882 empfiehlt er besonders die Anwendung der photographischen Methoden, ohne daß die Beobachtung der Contacte vernachlässigt werden soll.

In den Sitzungen der Pariser Akademie vom 7. März und 4. April besprach Puiseux die Resultate, welche während des Venusdurchganges von 1874 aus den französischen Beobachtungen der Contacte der Ränder des Planeten und der Sonne in Peking, St. Paul, Nagasaki, Saigun, Kobé und Numea, aus den mikrometrischen Messungen von Mouchez

und Turquet auf St. Paul', sowie von Fleuriais und Bellanger in Peking erhalten worden sind.[1])

Wenn man die ersteren nach Halley's Methode combinirt, d. h. bei Vergleichung der Beobachtungen von Orten, die möglichst weit in der Richtung von Süd nach Nord von einander entfernt sind, so ergeben sich 12 Werthe der Parallaxe zwischen 8″78 und 9″17, das arithmetische Mittel ist 8″98. Vergleicht man aber nach Delisle's Methode die Zeiten der scheinbaren Berührung an Orten von möglichst großer Längendifferenz, so erhält man für den zweiten (ersten innern) Contact 14 Werthe zwischen 8″86 und 9″20 mit dem arithmetischen Mittel 9″01, und für den dritten (zweiten innern) Contacte 10 Werthe zwischen 8″63 und 8″97 mit dem Mittel 8″92.

Die mikrometrischen Messungen wurden zum Theil unter äußerst ungünstigen Verhältnissen angestellt, z. B. auf St. Paul in einem heftigen Wirbelsturme während der kurzen Aufhellung, als das Centrum des Wirbels über die Insel ging. Dieselben gaben den Mittelwerth 9″05.

Beim Anblick dieser mannigfaltigen Zahlwerthe drängt sich die Ueberzeugung auf, daß der Gewinn für genauere Kenntniß des Werthes der Sonnenparallaxe, der aus diesen Beobachtungen zu ziehen ist, den darauf verwendeten Opfern kaum entspricht.

Durchmesser der Sonne. — Die vor einigen Jahren durch Pater Rosa wieder angeregte Frage nach der Veränderlichkeit des Durchmessers der Sonne (vgl. dieses Jahrb. IX, S. 33 und XI, S. 31) hat Dr. Remeis Anlaß gegeben zu einer kritischen Zusammenstellung des hierauf bezüglichen Materiales,[2]) aus welcher hier einige Angaben zur Ergänzung des früher im Jahrbuch Erwähnten Platz finden mögen.

Die ersten genaueren Messungen des Sonnendurchmessers, von denen wir Kunde haben, hat der Kanonikus Gabriel Mouton in Lyon um 1661 ausgeführt und 1670 in seiner Schrift „Observationes diametrorum solis et lunae" veröffentlicht.

Die Veränderlichkeit des Sonnendurchmessers wurde zuerst

1) Comptes rendus, Vol. XCII, p. 481, 808.
2) „Sirius" 1879, S. 196.

von Bernhard von Lindenau 1809 behauptet, der durch Discussion zahlreicher in Greenwich beobachteter Meridiandurchgänge der Sonnenränder einen periodischen Wechsel dieses Durchmessers erkannt zu haben glaubte, den er durch die verschiedene Größe des äquatorialen und des polaren Sonnendurchmessers in mittlerer Entfernung (32′ 5″82 und 31′ 1″ 10) erklären wollte. Gauß wie Bessel verhielten sich ablehnend gegen diese Hypothese, und der erstgenannte fand die ganze angeblich beobachtete Aenderung „doch gar zu klein, um durch auch noch so viele Bestimmungen mit Hilfe der Zeit etwas Bestimmtes darüber ausmachen zu können.“ 1) Bessel berechnete später aus 1698 eignen Beobachtungen in den Jahren 1820 bis 1828 den Werth 32′ 1″80, fast übereinstimmend mit der Bestimmung Struve's. Etwas kleiner ist der von Encke aus der Discussion der Beobachtungen der Venusdurchgänge von 1761 und 1769 abgeleitete Werth, nämlich 31′ 56″84, der sehr nahe mit dem neuerdings von Mazzola in Turin aus 75 Messungen bestimmten Werthe 32′ 57″3 übereinstimmt. Leverrier hat aus den Beobachtungen von Merkurdurchgängen 32′ 0″02, aus Bradley's Beobachtungen von 200 Meridiandurchgängen der Sonnenränder 32′ 3″68 und aus den Beobachtungen von Maskelyne und Pond 32′ 3″4 abgeleitet.

Bessel's Werth wurde seiner Zeit in den **Nautical Almanac** aufgenommen, 1853 aber auf 32′ 3″64 vergrößert, um die Uebereinstimmung mit den neuern Beobachtungen zu erhalten. Ziemlich dasselbe Resultat, nämlich 32′ 3″67, war ungefähr gleichzeitig in Madras erhalten worden, und Goujon fand aus Pariser Beobachtungen von 1835 bis 1848 den nur wenig größeren Werth 32′ 4″02. Auch die Astronomen des Nautical Almanac fanden sich zur Herstellung der Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung bald genöthigt, den Angaben dieses Jahrbuches eine Korrektion beizufügen, durch welche der Durchmesser der Sonne ziemlich auf den Encke'schen Werth reducirt wurde.

Bei der älteren Vorstellung über die Beschaffenheit der Sonne hatte der Gedanke einer Veränderlichkeit des Durch-

1) Briefwechsel zwischen Gauß und Bessel, Leipzig, 1880, S. 102.

messers dieses Weltkörpers wenig Wahrscheinlichkeit. Anders ist es gegenwärtig, wo wir wissen, daß der eigentliche Kern der Sonne von einer dampf- und gasförmigen Schicht umgeben ist, aus welcher gewaltige Gasmassen hervorbrechen und in welcher großartige Strömungen stattfinden. Es liegt nun bei dem periodischen Charakter dieser Erscheinungen nicht fern, auch an einen periodischen Wechsel der Größe des Durchmessers zu denken. Die Wiederanregung dieses Gedankens in der neuern Zeit erfolgte durch Spörer, damals in Anklam, der in einem Briefe an Dr. Klein im März 1869 darauf hinwies, daß er aus genauen Messungen des Sonnendurchmessers zu verschiedenen Zeiten ungleiche Werthe gefunden habe. Dies und die von Secchi aus den Beobachtungen in Rom von 1871 an gezogene Folgerung ist bereits im 9. Bande dieses Jahrbuchs erwähnt worden. Nach dem Urtheile der meisten Astronomen, unter denen sich auch Secchi's Landsleute Respighi und Tacchini befinden, ist die Sache noch nicht spruchreif, und es bedarf erst noch zahlreicher Messungen, um zu einem sichern Ergebnisse zu gelangen.

Sonnenflecken. — Im vorigen Jahrg. dieses Jahrb., S. 15, sind ein Paar von Prof. Spörer berechnete Formeln für die Häufigkeitszahl n der Sonnenflecken während einer Rotationsperiode gegeben worden. Wir fügen denselben eine Anzahl anderer später von Spörer berechnete Formeln bei, die sich auf ältere Zeiten beziehen, wobei bemerkt werden mag, daß t in Theilen des Jahres, gezählt vom letzten Minimum oder Maximum, auszudrücken ist.[1])

1.	Minimum 1755,5 . . .	$n =$	$8{,}6 + 5{,}0 \, . \, t^2$	$+ 0{,}15 \, . \, t^3$
2.	Maximum 1761,0 . . .		$66{,}8 - 2{,}5$	$+ 0{,}10$
3.	Minimum 1766,1 . . .		$16{,}5 + 7{,}8$	$+ 0{,}41$
4.	Maximum 1770,1 . . .		$95{,}2 - 5{,}9$	$+ 0{,}49$
5.	Minimum 1775,1 . . .		$7{,}4 + 15{,}8$	$+ 2{,}88$
6.	Maximum 1778,7 . . .		$137{,}7 - 18{,}1$	$+ 2{,}91$
7.	Minimum 1784,2 . . .		$14{,}4 + 8{,}8$	$+ 0{,}63$
8.	Maximum 1788,6 . . .		$126{,}2 - 7{,}5$	$+ 0{,}79$
9.	Minimum 1798,5 . . .		$7{,}0 + 2{,}3$	$+ 0{,}14$
10.	Maximum 1804,0 . . .		$68{,}4 - 5{,}6$	$- 0{,}34$
11.	Minimum 1810,8 . . .		$0{,}1 + 1{,}6$	$- 0{,}02$
12.	Maximum 1817,3 . . .		$38{,}7 - 2{,}1$	$- 0{,}10$

1) Astron. Nachr. Bd. 98, S. 99.

13. Minimum 1822,6 . . .	n = 3,9 +	1,5 . t²	+ 0,03 . t³
14. Maximum 1829,9 . . .	64,7 —	3,4	— 0,27
15. Minimum 1833,7 . . .	9,5 +	10,8	+ 1,29
16. Maximum 1837,4 . . .	121,8 —	9,7	+ 1,14
17. Minimum 1843,6 . . .	13,6 +	5,7	+ 0,16
18. Maximum 1848,6 . . .	96,7 —	4,0	+ 0,28
19. Minimum 1856,0 . . .	4,3 +	6,6	+ 0,79
20. Maximum 1860,5 . . .	89,3 —	6,4	+ 0,76
21. Minimum 1867,2 . . .	7,0 +	10,5	+ 1,58
22. Maximum 1870,8 . . .	94,2 —	7,0	+ 0,74

Aus den hier angegebenen Epochen der Maxima und Minima hat Spörer nach der Methode der kleinsten Quadrate die Formeln berechnet

$$\text{Minimum} = 1753{,}746 + 11{,}328 \,.\, \alpha$$
$$\text{Maximum} = 1758{,}523 + 11{,}328 \,.\, \alpha,$$

wo $\alpha = 0, 1, 2, 3, \ldots$ zu setzen ist. Die mittlere Dauer der Periode ist hiernach 11,328 Jahre.

Durch Beobachtung der Sonnenthätigkeit in den Jahren 1871 bis 1878 ist Tacchini zu den Sätzen gelangt:[1])

1. daß bei dem gewaltigen Unterschiede der Erscheinungen auf der Sonne in den zwei Epochen des Minimums und des Maximums der Sonnenflecken die Annahme eines verschiedenartigen Einflusses der Sonne auf die Meteorologie der Erde während dieser zwei Epochen vollkommen gerechtfertigt erscheint;

2. daß zur Zeit der größten Sonnenthätigkeit die Protuberanzen während der letzten Periode in allen heliographischen Breiten erschienen mit einem Maximum der Häufigkeit in einer ausgedehnten Aequatorialzone und geringerer Stärke und Anzahl in den Polarregionen, während dieselben in der Epoche des Minimums sehr selten und sehr klein in der Aequatorgegend auftraten und Maxima relativer Häufigkeit jenseits des 30sten Breitengrades, und zwar in größerer Ausdehnung auf der nördlichen Hemisphäre, zeigten;

3. daß die Eruptionen metallischer Dämpfe sich in der Epoche größerer Sonnenthätigkeit auch außerhalb der Aequatorialgegenden bis in die Nähe des Nordpols ausdehnten, in der südlichen Halbkugel aber in höhern Breiten fehlten, wogegen sie zur Zeit des Minimums im Gegensatz zu den Protu-

1) Memorie degli Spettroscopisti Italiani 1879.

heranzen in geringer Anzahl und enger Begrenzung in der Gegend des Sonnenäquators vorkamen;

4. daß endlich um die Zeit des Maximums der Sonnenflecken das Magnesium und die hellgrüne Eisenlinie K (1474 der Kirchhoff'schen Scala, Wellenlänge 532,4 Milliontel Millim.) sehr oft umgekehrt und in großer Intensität am Sonnenrande beobachtet wurden, während zur Zeit des Minimums die Umkehrung seltener zu beobachten war, die Linien weniger glänzend erschienen und nur die Linie K einigemal am ganzen Rande sichtbar blieb (vgl. das im Jahrg. XIV dieses Jahrb., S. 61, Gesagte).

Helle Linien im Sonnenspectrum. — Bei Gelegenheit des Berichts über seine Untersuchungen des Sonnenspectrums,[1]) deren im vorigen Jahrg. dieses Jahrbuchs S. 9 Erwähnung geschehen ist, macht Prof. Vogel auch einige Bemerkungen bezüglich der hellen Linien in diesem Spectrum, die deshalb von besonderem Interesse sind, weil Draper aus dem Auftreten solcher Linien auf die Anwesenheit von Sauerstoff auf der Sonne geschlossen hat (vgl. dieses Jahrb. XIV, S. 63). Solche Linien glaubt man oft bei Anwendung guter Apparate von mittler Stärke zu sehen, besonders in der Nähe der Fraunhofer'schen Linie C und bei etwas tieferem Sonnenstande bei D. Man hat es aber in solchen Fällen nur mit Lücken zwischen Systemen feiner dunkler Linien zu thun, welche letztere ihren Ursprung in der Atmosphäre der Erde haben, und es wird dieser Sachverhalt leicht erkannt bei Anwendung stärkerer Zerstreuung. Vogel ist nun der Ansicht, daß die hellen Linien, welche nach Draper's Angabe mit Sauerstoff-, vielleicht auch mit Stickstofflinien zusammenfallen, zumeist auf solche Lücken zwischen zarten Liniensystemen zurückzuführen sind; denn bei der geringen Zerstreuung, mit der Draper arbeitete, und der Verschwommenheit der Linien der beiden Gase sei ein scheinbares Zusammenfallen von wenig Bedeutung. Indessen scheinen im Sonnenspectrum auch wirklich helle Linien — abgesehen von den vermeintlichen Sauerstofflinien — vorzukommen; es hat nämlich Cornu solche im ultravioletten Theile des Spec-

1) Vogel, Untersuchungen über das Sonnenspectrum (Dritte Publikation des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam. 1879).

trums angegeben; auch erscheint die Chromosphärenlinie D_3 nicht dunkel im Sonnenspectrum, und Prof. Young hat in einer Höhe von etwa 2400 Meter mehrere helle Linien am Sonnenrande beobachtet, denen keine dunkeln Linien im Sonnenspectrum entsprechen; das Vorkommen heller Linien im Sonnenspectrum darf übrigens nicht befremden, da ja auch manche Sonnenspectra solche Linien zeigen.

Theorie der Sonne. — Schon Prof. Forbes machte 1836 darauf aufmerksam, daß, wenn die Fraunhofer'schen Linien in der Atmosphäre der Sonne ihren Ursprung haben, das Licht vom Rande der Sonne stärkere Linien zeigen muß als das von der Mitte. Beobachtungen während einer ringförmigen Finsterniß zeigten nichts derart, und ebenso wenig vermochten Brewster und Gladstone 1860, Angström 1867 und Lockyer 1869 einen solchen Unterschied nachzuweisen. Vier Jahre später construirte aber Charles S. Hastings, damals noch Student am Yale College in New Haven, gegenwärtig Professor an John Hopkins Universität in Baltimore, einen Apparat, der eine bequeme Vergleichung des Spectrums der Rand- und der Mittelstrahlen der Sonne gestattete.[1]) Die mit diesem Apparate gewonnenen Resultate haben indessen, wie es scheint, wenig Beachtung gefunden und Hastings hat deshalb im Sommer 1879 und 1880 seine Versuche mit vervollkommneten Hilfsmitteln wiederholt.[2]) Er bediente sich dabei eines Clark'schen Aequatoreals von 9,4 Zoll Oeffnung und 10 Fuß Brennweite, sowie eines Spectroskopes mit Rutherford'schen Gittern auf Spiegelmetall von 8648 und 17296 Linien auf den Zoll. Dabei stellte sich nun heraus, daß der Unterschied zwischen dem Spectrum der Rand- und Mittelstrahlen nur ganz unbedeutend ist. Gewisse Linien, und zwar die stärksten und schwärzesten, namentlich die des Wasserstoff, Magnesium und Natrium, welche im Spectrum der Mitte beiderseits verwaschen sind, zeigen diese Erscheinung nicht im

---

1) „On a Comparison of the Spectra of the Limb and the Centre of the Sun" im „American Journal of Science (1873), Vol. V, p. 369.

2) Proceedings of the American Society of Arts and Sciences. New Series, Vol. VIII, p. 142.

Randspectrum. Einige feine Linien sind am Rande, andere dagegen sind wieder in der Mitte der Sonne stärker.

Hastings ist nun der Ansicht, daß die üblichen Hypothesen über die Constitution der Sonne die beobachteten Erscheinungen nicht zu erklären vermögen. Nach der Kirchhoff-schen Hypothese giebt die Photosphäre ein continuirliches Spectrum, das durch die selective Absorption der Atmosphäre der Sonne modificirt wird. Diese Absorption muß aber am Rande, wo das Licht einen längern Weg in der Atmosphäre zu durchlaufen hat, größer sein als in der Mitte und daher sollte die von Forbes angegebene Verdickung der Linien eintreten. Um das negative Ergebniß der Beobachtung zu erklären, mußte man annehmen, daß die Sonnenatmosphäre überhaupt eine sehr große Dicke besitzt, weshalb der Unterschied zwischen Rand- und Mittelstrahlen verschwindet. Aber dieselbe Beobachtung, die oft als direkte Bestätigung der Kirchhoff'schen Lehre angeführt wird, hat auch den Beweis geliefert, daß die Atmosphäre der Sonne eine Tiefe von nicht mehr als 2″ besitzt; es ist dies die von Prof. Young während der totalen Sonnenfinsterniß 1870 beobachtete Umkehrung der Fraunhofer'schen Linien.

Der französische Akademiker Faye dagegen nimmt an, daß das Sonnenlicht hauptsächlich von festen oder flüssigen Theilchen ausgeht, die aus dem gasigen Medium, in dem sie schweben, durch Condensation ausgeschieden sind. Das Medium übt dann eine selective Absorption auf die Strahlen aus, wie nach Kirchhoffs Hypothese. Hiernach sollte man aber meinen, daß die eigentliche Lichtquelle eine niedrigere Temperatur hätte als das absorbirende Medium, entgegen dem ersten der beiden in der Theorie der Absorption gültigen Sätze:

1. Um durch Absorption dunkle Spectrallinien zu erzeugen, muß die Quelle des absorbirten Lichtes eine höhere Temperatur besitzen als das absorbirende Medium;

2. es giebt eine untere Grenze der Helligkeit, unter welche die Quelle des absorbirten Lichtes nicht hinabgehen darf, wenn die Spectrallinien nicht hell werden sollen.

Hastings erinnert nun an das gekörnte Aussehn, welches die Sonnenoberfläche in stark vergrößernden Fernröhren von großer Oeffnung zeigt. Die einzelnen leuchtenden Körnchen,

deren scheinbare Größe im Allgemeinen nur einen Bruchtheil einer Bogensecunde beträgt, betrachtet er als Strömungen, die vom Centrum der Sonne nach der Außenfläche gerichtet sind. Dieselben werden umgeben von Strömungen, die zur Erhaltung des allgemeinen Gleichgewichts in der Masse der Sonne die entgegengesetzte Richtung haben und uns als das weniger helle Netzwerk erscheinen, welches die Granulationen einschließt. Die ersteren Ströme stammen aus einer Tiefe, deren Temperatur über dem Verdampfungspunkte derjenigen Substanzen liegt, welche sich auf der Sonne befinden. Indem diese Substanzen in höhere Regionen gelangen, kühlen sie sich ab, theils durch Strahlung, hauptsächlich aber in Folge der Expansion, bis schließlich die Temperatur bis zum Siedepunkt sinkt. Jetzt werden die Substanzen in Form einer Wolke kleiner Partikelchen condensirt, die von der Strömung mit fort gerissen werden. Der durch diese Condensation bezeichnete Wechsel des Zustandes ist von einer plötzlichen Vermehrung der Leuchtkraft begleitet, wie wir sie in den einzelnen Granulationen beobachten. Nachher verlieren die Theilchen weitere Wärme, werden verhältnißmäßig dunkel und gehen mit der absteigenden Strömung zurück in das Innere der Sonne.

Da die condensirten Theilchen immerhin eine sehr hohe Temperatur haben und nur in geringer Menge den Strömungen beigemengt sind, so dürfen wir die aufsteigenden Strömungen in hohem Grade durchsichtig annehmen. Wir empfangen also Licht von Theilchen, die vielleicht hunderte von (engl.) Meilen unter der Sonnenoberfläche liegen, und auf dem weiten Wege, den der Strahl im Innern des Stromes zurücklegt, findet nun eine selective Absorption statt. Der Weg, den der Strahl in der Photosphäre der Sonne zurücklegt, um in unser Auge zu gelangen, ist dabei am Rande derselbe wie in der Mitte der Sonne, und es erklärt sich so die Uebereinstimmung der Spectren am Sonnenrand und der Mitte, die im Allgemeinen vorhanden ist.

Wenn, wie oben erwähnt, einige Linien des Wasserstoffs, Magnesiums und Natriums im Spectrum der Mittelstrahlen verwaschen erscheinen, in dem der Randstrahlen aber scharf begrenzt, so deutet ersteres auf stärkeren Druck, und diese Erfahrung entspricht vollkommen der Hastings'schen Theorie, indem

ein Weg von gewisser Länge in der Mitte, wo sich der Strahl senkrecht zur Oberfläche bewegt, in eine größere Tiefe, also in eine Region höheren Druckes führt, als am Rande.

Wenn aber eine Substanz ihrer Natur nach auf die obersten Schichten der Photosphäre beschränkt ist, so muß die von Forbes vermuthete Verbreiterung der Absorptionslinien am Rande der Sonne eintreten.

Um endlich die Erscheinung zu erklären, daß einige schwache Linien in der Mitte der Sonne stärker erscheinen als am Rande, nimmt Hastings an, daß die Substanzen, welche diesen Linien entsprechen, auf die Chromosphärenschicht, welche die eigentliche Photosphäre umhüllt, beschränkt sind. Zum besseren Verständniß wird daran erinnert, daß auf der Photosphäre eine sehr dünne Schicht liegt, die eine sehr starke allgemeine Absorption erzeugt, was zur Folge hat, daß die Sonne am Rande wohl um den vierten Theil weniger hell ist als in der Mitte. Liegt nun auf dieser Schicht, die A heißen möge, eine Schicht B von ungefähr derselben Temperatur, welche Dämpfe enthält, die sich in der Photosphäre nicht vorfinden, so wird Licht, das nur von diesen beiden Schichten herkommt, keine Absorptionslinien zeigen; denn da beide Schichten ungefähr gleiche Temperatur besitzen, so wird die äußere Schicht für alle Strahlen, die sie absorbirt, auch vollen Ersatz geben. Aus der Mitte der Sonnenscheibe gelangt nun Licht aus größeren Tiefen in unser Auge, und hier übt die äußere Schicht, die Chromosphäre, ihre absorbirende Wirkung, wir erhalten Absorptionslinien der Chromosphärensubstanzen. Sieht man aber schräg gegen den Rand der Sonne, so hält die stark absorbirende Schicht A das Licht aus dem Innern ab und die dunkeln Absorptionsstreifen werden dünner oder verschwinden ganz. Hastings hat übrigens die fragliche Erscheinung nur bei zwei Linien sicher beobachtet: die eine von ihnen (Wellenl. 6731) ist in der That identisch mit einer Linie in Young's Verzeichniß der Chromosphärenlinien, bei der zweiten ist eine solche Identität wahrscheinlich.

Was die Substanz betrifft, die in den Granulationen auf der Sonne leuchtet, so ist Hastings der Ansicht, daß dies Kohlenstoff ist. Zur Begründung macht er darauf aufmerksam, daß in der That Kohlenstofflinien im Sonnenspectrum vorkommen, was wieder darauf hinweist, daß die Photosphäre feste

oder flüssige Theilchen enthält, die heißer sind als Kohlenstoffdampf. Hastings ist weiter geneigt zu der Vermuthung, daß (dampfförmiges) Silicium der Hauptbestandtheil der Photosphäre ist; der Kohlenstoff wird in den höheren Schichten condensirt, und neben ihm tritt vielleicht auch das seltenere Bor auf.

Von Interesse ist noch die Art und Weise, wie Hastings die Erscheinungen der Fackeln und Sonnenflecke aus seiner Grundansicht zu erklären sucht.

Indem die niedergeschlagene, stark Licht und Wärme strahlende Substanz eine rauchähnliche, dünne Hülle bildet, die eine starke allgemeine Absorption ausübt, ähnlich wie die am Rand der Sonne beobachtete, entsteht der Anblick einer Fackel.

Wenn irgend eine Störung vorhanden ist, welche die niedergehende Strömung an einem Punkte zu befördern sucht, so strömen die Gase an der Oberfläche von allen Seiten nach dieser Stelle und führen die in ihnen niedergeschlagenen Substanzen dahin, die nun einen Sonnenfleck bilden. Durch die centripetalen „Winde" werden die aufwärts gerichteten Strömungen in der Umgebung des Fleckes horizontal abgelenkt, und indem sie nun ihre Wärme durch den relativ langsamen Prozeß der Strahlung abgeben, werden die Stellen des Niederschlages bedeutend erweitert. So entsteht in der Region, die den Fleck unmittelbar umgiebt, die charakteristische strahlige Structur der Penumbra.

Endlich glaubt Hastings auch noch eine befriedigende Erklärung der Erscheinung geben zu können, daß der innere Rand der Penumbra am hellsten ist. In den aufwärts gerichteten Strömen wird das Medium durch Expansion abgekühlt bis zur Condensationstemperatur, bei welcher alles niederschlagsfähige Material plötzlich, nur durch die beim Condensiren frei werdende Wärme etwas verzögert, abgeschieden wird. Unmittelbar darauf werden Theilchen relativ dunkel durch Strahlung. Ganz andere Verhältnisse walten ob in den horizontalen Strömungen. Hier erkaltet das Medium nicht dynamisch durch Expansion, sondern nur durch Strahlung, und da die Strahlung der festen Theilchen ungemein viel größer ist als die des Gases, so erfolgt die Abkühlung thatsächlich durch die Strahlung dieser Theilchen selbst. „Wenn daher das erste Theilchen erscheint, so muß es im Zustand hellsten Glanzes bleiben, bis

alles Material, aus dem es besteht, niedergeschlagen ist. Wir sehen daraus, daß ein solcher horizontaler Strom allmählig an Glanz zunehmen muß bis zu seinem Maximum, um dann plötzlich abzunehmen."

Die großen Planeten und ihre Monde.

Venus. — Dieser Planet ist seit dem Jahre 1875 Gegenstand genauer Beobachtung seitens des amerikanischen Astronomen L. Trouvelot in Cambridge gewesen, dessen beschreibende Arbeiten über die Planeten Mars, Jupiter und Saturn im Frühjahr 1880 von der Pariser Akademie den Valz-Preis erhielten. Vom 13. November 1877 bis zum 7. Febr. 1878 bemerkte derselbe zwei auffällige weiße Flecke, die an diejenigen des Mars erinnerten, an den entgegengesetzten Rändern in der Nähe der Hörner des sichelförmig erscheinenden Planeten. Der südliche Fleck, welcher immer am hellsten erschien, war besonders vom 16. Januar bis 5. Februar 1878 sehr auffallend und schien aus einer Menge heller Spitzen zusammengesetzt, die nach Norden hin eine Reihe von hellen, sternähnlichen Lichtpunkten bildeten. Nach der einige Tage später erfolgenden untern Conjunktion konnten dieselben nicht wiedergesehen werden.

Dieselbe Erscheinung hat auch Seagrave in Providence beobachtet.

Ebenso hat Russel in Sydney wiederholt im Juni 1876 einen weißen Fleck in der Nähe des südlichen Horns der Venus gesehen.

Zur Ergänzung unserer früheren Mittheilungen über den am 6. December 1882 bevorstehenden Durchgang der Venus durch die Sonnenscheibe geben wir umstehend nach der Connaissance des Temps pour l'an 1882 ein Kärtchen, welches die Gegenden, wo die Erscheinung sichtbar ist, zeigt. Den Angaben der Karte haben wir nur noch hinzuzufügen, daß

A_1 den Ort bedeutet, wo der Eintritt der Venus in die Sonnenscheibe am spätesten (2 Uhr 22,9 Min. Pariser Zeit) erfolgt,

B_1 den Ort, wo dieser Eintritt am frühesten (2 Uhr, 7 Min.) stattfindet;

A_2 den Ort, wo der Austritt am frühesten (8 Uhr 4 Min.),

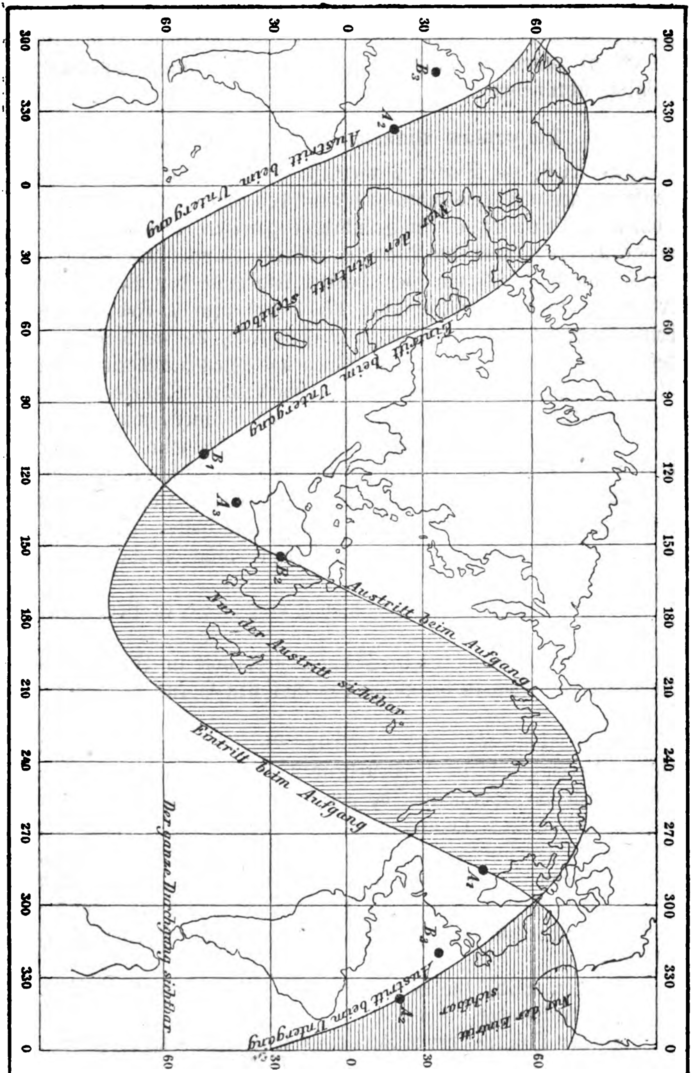

Austritt beim Untergang
Nur der Eintritt sichtbar
Eintritt beim Untergang
Austritt beim Aufgang
Nur der Austritt sichtbar
Eintritt beim Aufgang
Der ganze Durchgang sichtbar
Austritt beim Untergang
Nur der Eintritt sichtbar
A_1
A_2
A_3
B_1
B_2
B_3
300 330 0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 0
60 30 0 30 60

Fig. 1.

B_2 den Ort, wo derselbe am spätesten (8 Uhr 19,9 Min.) erfolgt;

A_3 den Ort, wo der Durchgang am längsten dauert, nämlich 6 Stunden 12 Min., und

B_3 den Ort der kürzesten Dauer von 5 Stunden 43 Min.

Mars. — Der südliche Polarfleck dieses Planeten ist während seiner Opposition von 1879, in der Zeit vom 30. September bis 2. December, Gegenstand der Beobachtung seitens des Direktors der Sternwarte in Mailand, J. V. Schiaparelli gewesen.[1]) Die Beobachtungen boten vielfach Schwierigkeiten, besonders in der ersten Hälfte des October, als der Südpol des Planeten nur 10⁰ vom Rande entfernt war. Im Oktober erreichte der Fleck auch das Minimum seiner Ausdehnung, und wenn er auch niemals ganz unsichtbar wurde, so war es doch gegen Ende des Monats nicht mehr möglich, ihn in gewissen Stellungen zu beobachten. Später wurden die Dimensionen wieder größer und anfang December war der Fleck in allen Stellungen gut sichtbar; doch hatte inzwischen der scheinbare Durchmesser des Planeten abgenommen, was die Beobachtungen in anderer Weise erschwerte. Was die Lage des Fleckes auf der Marsoberfläche anlangt, so hat Schiaparelli aus der Vergleichung der eigenen Messungen mit denen früherer Beobachter den Schluß gezogen, daß dieser Fleck, wenn er auf seine kleinste Ausdehnung reducirt ist, immer ungefähr dieselbe Stelle auf der Oberfläche des Planeten einnimmt. Es ergaben sich nämlich für die areographische Länge und die Poldistanz desselben zu verschiedenen Zeiten folgende Werthe:

Jahr	Länge	Poldistanz	Beobachter
1830	$21^0 5$	$6^0 6$	Bessel
1862	30,0	—	Lockyer
1877	29,5	6,1	Schiaparelli
1879	48,1	5,0	"

Mit diesen Zahlen stehen auch die von Kaiser und Linsser 1862 und von Hall 1877 gewonnenen Resultate nicht in Widerspruch.

1) Astron. Nachr. Bd. 99, Nr. 2375, S. 353.

Planetoiden sind im Jahre 1880 acht entdeckt worden:

(212)	6.	Februar	von	Palisa	in	Pola,
(213) Liläa . .	17.	„	„	Peters	„	Clinton,
(214)	1.	März	„	Palisa	„	Pola,
(215) Oenone	7.	April	„	Knorre	„	Berlin,
(216)	10.	„	„	Palisa	„	Pola,
(217)	30.	August	„	Coggia	„	Marseille,
(218)	4.	September	„	Palisa	„	Pola,
(219)	30.	„	„	demselben.		

In nebenstehender Tabelle geben wir die Elemente der in den beiden letzten Jahren entdeckten Planetoiden nach Loewy's Zusammenstellung im Annuaire du bureau des longitudes pour l'an 1881. Nur für (206) Hersilia, sind solche nicht mit verzeichnet, da bei diesem Planetoiden ebenso wie bei den beiden früher entdeckten (99) Dike und (155) Scylla die Beobachtungen nicht ausreichen, um Elemente zu berechnen; diese Planetoiden werden wohl überhaupt einer neuen Entdeckung bedürfen. Außer diesen drei und den acht im Jahre 1880 entdeckten Planetoiden sind noch 28 vorhanden, bei denen es in nächster Zeit sowohl betreffs der Berechnung, als der Aufsuchung besonderer Bemühungen bedarf. Dagegen sind 189 Planetoiden in 5 oder mehr, 11 in 4 Oppositionen beobachtet worden, und die Bahnen dieser 189 sind mit so großer Sicherheit bestimmt, daß sie für die nächsten Jahrzehnte ohne Bedenken unbeobachtet bleiben könnten, ohne daß ihre Aufsuchung und Wiedererkennung Schwierigkeit bereiten würde. 14 Planetoiden sind nur in 3 Oppositionen beobachtet, doch sind von 12 derselben die Bahnen ebenfalls ziemlich sicher bekannt; 19 endlich sind nur in 2 und 17 nur in einer Opposition beobachtet.

Die kürzeste Umlaufszeit unter den bekannten Planetoiden hat (149) Medusa, nämlich 1137,69 Tage; doch ist dieselbe noch nicht ganz sicher gestellt. Die längste Umlaufszeit, nämlich 2860,65 Tage, besitzt (153) Hilda; dieser Planetoid, welcher gleich (190) Ismene bedeutenden Störungen von seiten des Jupiter ausgesetzt ist, wurde bei seiner letzten Opposition im Frühjahr 1880 von Palisa in Pola wieder aufgefunden. Nach

Elemente der Planetoiden (192) bis (205) und (207) bis (219) nach Loewy.

Nr. und Name	Epoche, mittlerer Pariser Zeit	Mittl. Aequin.	Mittl. Länge der Epoche	Länge des Perihels	Länge des aufst. Knotens	Neigung der Bahn.	Excentricität	Große Halbachse	Umlaufszeit, Tage
(192) Nausikaa	1879 April 20,5	1879,0	160°45′48″	9°45′19″	343°18′51″	6°50′25″	0,241307	2,401431	1359,26
(193) Ambrosia	„ März 25,5	„	139 40 33	70 51 31	351 14 32	11 38 32	0,285372	2,57580	1509,97
(194) Prokne	„ April 25,5	„	210 5 49	317 46 19	159 11 25	18 13 58	0,238796	2,626147	1554,45
(195) Eurykleia	„ Mai 24,5	„	199 51 28	106 45 34	8 21 2	7 15 4	0,092247	2,87225	1778,00
(196) Philomele	„ Juni 27,5	1880,0	201 53 4	352 20 59	73 28 30	7 16 38	0,005414	3,088164	1982,15
(197) Arete	„ Juni 13,5	1879,0	267 8 52	324 50 40	82 6 27	8 47 52	0,162145	2,73904	1655,76
(198) Ampella	„ Juli 12,5	„	295 16 54	357 7 26	269 7 52	8 54 30	0,247919	2,47882	1425,49
(199) Byblis	„ Juli 25,5	„	270 43 1	260 42 26	90 25 4	15 18 31	0,162516	3,20576	2096,50
(200) Dynamene	„ Nov. 7,5	„	353 36 30	46 38 21	325 25 49	6 55 32	0,113519	2,73779	1654,62
(201) Melpomene	„ Sept. 12,7	„	335 0 59	334 20 49	157 4 36	5 43 31	0,181852	2,67642	1599,30
(202) Chryseïs	„ Oct. 15,5	„	6 30 2	133 49 16	138 3 54	8 52 9	0,394248	3,07588	1970,39
(203) Pompeja	„ Oct. 24,5	„	21 16 9	49 29 26	359 1 51	3 16 47	0,055531	2,74170	1658,16
(204) Kallisto	1880 Jan. 4,5	1880,0	29 32 14	257 45 21	205 39 56	8 18 56	0,075216	2,67325	1596,45
(205) Martha	1879 Nov. 7,5	1879,0	34 20 0	36 43 49	212 23 53	7 42 8	0,125306	2,68885	1610,45
(207)	„ Dec. 6,5	„	45 17 39	223 20 0	28 51 0	3 49 25	0,030347	2,28352	1266,39
(208)	„ Nov. 12,5	„	37 15 44	233 13 40	7 46 4	1 58 2	0,051381	2,87175	1777,53
(209) Dido	1880 Jan. 0,0	1880,0	38 38 13	196 41 14	1 21 41	17 3 9	0,022873	3,16846	2060,01
(210)	1879 Dec. 11,5	„	53 11 2	58 46 50	32 44 42	5 10 42	0,139744	2,75401	1669,35
(211)	1880 Febr. 14,5	„	89 25 56	76 52 14	265 29 53	3 50 23	0,155343	3,05329	1947,86
(212)	„ März 13,5	„	144 50 50	62 21 48	314 57 23	4 10 32	0,093864	3,11645	2009,50
(213) Lilaea	„ März 29,5	„	178 19 24	284 17 40	122 38 28	6 50 56	0,144163	2,74586	1661,95
(214)	„ März 29,5	„	170 37 26	115 54 59	342 29 36	3 26 36	0,031605	2,61111	1541,12
(215) Oenone	„ Mai 12,5	„	216 46 48	346 24 6	25 25 18	1 43 38	0,038991	2,76795	1682,04
(216)	„ April 30,5	„	190 55 4	35 56 57	214 56 7	13 49 11	0,287315	2,79415	1705,98
(217) Eudora	„ Sept. 13,5	„	327 5 0	307 9 58	164 7 19	11 6 25	0,340709	3,05111	3946,68
(218)	„ Nov. 4,5	„	347 48 4	228 39 49	171 2 54	15 4 34	0,107698	2,66129	1585,75
(219)	„ Nov. 3,5	„	11 42 51	338 59 40	200 45 41	11 3 29	0,229850	2,38129	1342,46

einer neueren Berechnung von Dr. Küstner hat übrigens Ismene eine fast ebenso lange Umlaufszeit, nämlich 2854,15 Tage.

Die Excentricität ist am kleinsten bei (196) Philomela, nämlich 0,005414, und es nähert sich die Bahn dieses Planetoiden der Kreisform noch mehr als die der Venus (Excentricität = 0,0068433), welche unter den großen Planeten die am wenigsten vom Kreise abweichende Bahn hat. Die größte Excentricität unter allen Planetenbahnen, nämlich 0,3799257, besitzt (132) Aethra.

Die geringste Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik finden wir bei (20) Massalia, 0° 41′ 13″, die stärkste, nämlich 34° 41′ 31″, bei (2) Pallas.

Ueber die Durchmesser der Planetoiden wissen wir Nichts zuverlässiges. Mikrometrische Messungen des scheinbaren Durchmessers, wie bei den größeren Planeten sind nämlich bei ihnen nicht oder nur selten ausführbar, weil sie in der Regel im Fernrohr nur als leuchtende Punkte sichtbar sind. Die älteste derartige Messung rührt von dem verstorbenen Lamont in München her, der einmal in einer Nacht von ausnahmsweiser Klarheit mit dem 11zölligen Refractor die Pallas als eine scharf begrenzte Scheibe von 0″51 Durchmesser erblickte, was für den scheinbaren Durchmesser in der Entfernung 1 (mittler Abstand der Erde von der Sonne) den Werth 1″41 giebt, entsprechend einem wahren Durchmesser von 1016 Kilometer. Ferner sah Secchi 1855 die Vesta als eine Scheibe, die nur wenig kleiner als die des ersten Jupitermondes oder ungefähr 0″8 erschien. Daraus ergab sich der scheinbare Durchmesser der Entfernung 1 zu 1″01 und der wahre Durchmesser zu 728 Kilometer. Endlich gelang es im Winter 1866 Talmago den scheinbaren Durchmesser der Isis (42) zu messen; er erhielt 0″89, entsprechend einem wahren Durchmesser von 640 Kilometer.

Im Jahre 1880 sind drei von den vier am längsten bekannten kleinen Planeten in der Nähe ihres Perihels in Opposition zur Sonne getreten, so daß ihre Helligkeit und scheinbare Größe ziemlich bedeutend wurde, nämlich

Pallas	in Opposition	12. Jan.,	im	Perihel	23. Febr.,
Ceres	„	„	12. Febr.,	„	„	18. „
Vesta	„	„	2. Juni,	„	„	19. Juni.

Aus Messungen vom 9. Juni 1880 hat nun Tacchini in Rom den Durchmesser der Vesta in der Entfernung 1 zu 1″41 gefunden.

Jupiter. — Der bereits im vorigen Jahrg. dieses Jahrbuches, S. 23, erwähnte rothe Fleck südlich von dem südlichen Aequatorstreifen des Jupiter ist Gegenstand einer Arbeit von Niesten.[1]) Derselbe entdeckte diesen Fleck bereits im Jahre 1878 und hat ihn seit Mitte 1879 wiederholt gemessen. Auf der Mitte der Scheibe erschien er ungefähr 13″ lang und 3″ breit bei einem Aequatordurchmesser des Planeten von 45″; er beschreibt einen Parallelkreis, der 13″ vom Südpol entfernt ist, wenn der Polardurchmesser des Jupiter 43″ beträgt. Wenn er mitten auf der Scheibe steht, so tritt seine röthlich braune Färbung besonders deutlich hervor, deutlicher als bei dem nördlichen Aequatorstreifen. Diese Farbe wird noch gehoben durch den glänzend weißen Ring von etwa 3″ Breite, der den Fleck umgiebt und welcher sich lebhaft abhebt von dem Hintergrunde der hellen Zone, die sich unmittelbar über dem dunkeln Südstreifen des Aequators zeigt. Die südliche Grenze dieses Streifens erscheint, wie von verschiedenen Beobachtern bemerkt worden, durch den Flecken herabgedrückt.

Von größtem Interesse ist es aber, daß ein Fleck von ähnlicher Lage und Beschaffenheit schon früher zu wiederholten Malen beobachtet worden ist, so daß es — nach Niesten — den Anschein hat, als habe man es mit einer periodischen Erscheinung zu thun.

Dom. Cassini beobachtete nämlich mehrmals im Jahre 1665 und Anfang 1666 einen Fleck, den er zur ersten Bestimmung der Rotationsdauer des Planeten benutzte, wofür er 9 Std. 56 Min. erhielt. Als Jupiter sich in den ersten Monaten 1666 der Sonne näherte, hörte Cassini mit seinen Beobachtungen auf, da er annahm, der Fleck verschwinde für immer gleich den Sonnenflecken. Am 19. Januar 1672 war er aber wieder an demselben Orte der Jupiterscheibe und in derselben Gestalt vorhanden wie 6 Jahre früher, und ebenso konnte ihn Cassini am 8. Juli 1677 und Maraldi 1708 beobachten. Aus diesem Jahrhunderte hat Niesten auf Zeichnungen von

1) Bulletin de l'Acad. royale de Belgique, 1879, No. 12.

Secchi 1857, von Goldschmidt 11. October 1858, von Lassell 18. November 1858, von Gledhill 1. und 4. December 1871 Objekte erkannt, die möglicherweise mit diesem Fleck identisch sind. Der Fleck scheint hiernach aller 5 bis 6 Jahre, also zweimal während eines Umlaufs des Jupiter um die Sonne (11,86 Jahr) sein Maximum der Helligkeit zu erreichen.

Die Rotationsdauer des Jupiter hat Professor Schmidt in Athen aus Beobachtungen des besprochenen rothen Flecken vom 1. September und 1. November 1880, 147 Umdrehungen umfassend, gleich

9 Stunden 55 Min. 37,122 Sek.

gefunden.[1])

Derselbe hat auch neuerdings wieder Beobachtungen über die eigene Bewegung der Flecken auf diesem Planeten angestellt, welche die aus seinen früheren Beobachtungen, seit 1851, gezogene Folgerung, daß fast nur die weißen Flecken sich durch eine größere Geschwindigkeit auszeichnen, berichtigen, indem sie zeigen, daß auch manche dunkle Flecken eine sehr rasche Bewegung haben, wenn auch vielleicht nur im Beginn ihrer Entstehung. Doch ist die langsamere Bewegung vorzugsweise den dunkeln Flecken eigen. Als Beispiel für dunkle Gebilde mit rascher Bewegung führt Schmidt vier seit 3. November vorigen Jahres in dem feinen Streifen in etwa 25° nördlicher Breite sichtbare Punkte an, bei denen sich Umlaufszeiten von 9 Std. 47 bis 50 Min. ergaben. Eine ähnliche schnelle Bewegung beobachtete Schmidt auch an einer weißen Wolke in der Aequatorzone, deren Rotationsdauer — aus Beobachtungen vom 26. October bis 9. November bestimmt — 9 Std. 50 Min. 0 Sek. betrug. Setzt man den Umfang des Aequators des Jupiter = 466410 Kilom., so durchläuft ein Punkt desselben bei der obigen Rotationsgeschwindigkeit einen Weg von 13051 Meter in der Sekunde; der Weg der weißen Wolke in der gleichen Zeit ist dagegen 13151 Meter. Dieses giebt eine eigene Bewegung der Wolke im Sinne der Drehung des Planeten von 124 Meter in der Sekunde, ein Werth, der nach Schmidts eigener Angabe bei Weitem besser begründet

1) Astron. Nachr. Bd. 99, Nr. 2353, S. 6.

ist, als die früher von ihm mitgetheilten Näherungswerthe für solche Geschwindigkeiten.

Ueber die Entstehung der Streifen des Jupiter hat vor einiger Zeit Dr. Lohse eine Vermuthung ausgesprochen,[1]) deren wesentlichste Gedanken hier Platz finden mögen. Lohse geht von der Ansicht aus, daß der Kern des Planeten noch sehr heiß ist, wofür außer den raschen Veränderungen in der Atmosphäre insbesondere auch die geringe Dichte des Jupiter spricht. Bei einem derartigen Zustande wird man nun annehmen dürfen, daß öfters vulkanische Eruptionen stattfinden, und wenn ein derartiger Ausbruch erfolgt, so werden die ausströmenden glühenden Gase nnd Dämpfe die Wolkendecke des Planeten oberhalb der Ausbruchsstelle durchbrechen. Die eruptiven Massen besitzen aber, weil sie aus größerer Tiefe kommen, eine geringere Rotationsgeschwindigkeit als die höher gelegenen Wolkenschichten und werden daher gegen diese zurückbleiben, so daß ein dunkler, dem Aequator paralleler Streifen entsteht. Bei längerer Dauer der Eruption wird sich derselbe rings um den Planeten ziehen, und das Ende wird sich an den Anfang anschließen; bei kürzerer Dauer der Eruption dagegen wird ein weniger langer Streifen entstehen. Die dunkeln Streifen des Jupiter sind nach dieser Hypothese nicht einfach Lücken in der glänzenden Wolkendecke des Planeten, sondern eruptive Massen, die uns in Folge ihres geringen Lichtreflexionsvermögens dunkel erscheinen. Die vielfachen an den Streifen beobachteten Farbennüancen finden auf diese Weise eine einfache Erklärung; auch ist es nicht unwahrscheinlich, daß wenigstens bei heftigen Eruptionen die Gase, welche die Streifen bilden, eigenes Licht aussenden. Ebenso erklärt sich der häufige Wechsel in der Lage der Streifen, ihre verschiedene Dauer ꝛc. durch die Annahme einer größeren Anzahl von Kratern, die abwechselnd in Thätigkeit sind. Jeder Streifen entspricht nämlich einem Krater oder auch mehreren Kratern von derselben joviographischen Breite, ein Umstand, durch den die mehrfach von Lohse bei seinen Beobachtungen ausgeführten

1) Beobachtungen und Untersuchungen über die physische Beschaffenheit des Jupiter und Beobachtungen des Planeten Mars (zweite Publication des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam). Potsdam 1878.

Positionsbestimmungen der Streifen ein besonderes Interesse gewinnen. Die ausgeprägtere Streifenbildung und größere Veränderlichkeit der Gebilde, die man auf der südlichen Hälfte des Jupiter bemerkt, deutet hiernach auf eine abweichende Oberflächenstructur der beiden Hemisphären des Planeten. Nach Lohse hat es außerdem den Anschein, als habe die Thätigkeit der Sonne einen wesentlichen Einfluß auf die Vorgänge, die sich auf dem Jupiter ereignen, indem um die Zeit des Maximums der Sonnenflecken auch die Streifenbildung in der Atmosphäre dieses Planeten entwickelt ist und röthliche Färbungen häufiger und intensiver beobachtet werden.

Saturn. — Während der Opposition dieses Planeten im Herbste 1880 hat Dr. Wilhelm Meyer, Assistent an der Sternwarte in Genf, mit dem 10zölligen Aequatoreal dieser Sternwarte an 19 Abenden ausführliche mikrometrische Messungen der Dimensionen desselben und seiner Ringe vorgenommen, und dabei folgende Resultate erhalten:[1])

äußerer Durchmesser des Ringsystems . . .	40″47
innerer Durchmesser der leuchtenden Ringe .	26, 32
innerer Durchmesser des dunkeln Ringes . .	21, 17
Aequator-Durchmesser des Planeten	17, 42
Polar-Durchmesser	16, 20
Breite der hellen Ringe im Westen	7, 18
" " " " " Osten	6, 97
Entfernung des westlichen Planetenrandes vom westlichen äußern Ringrande	11, 60
Entfernung des östlichen Planetenrandes vom östlichen äußern Ringrande	11, 42

Die Abplattung des Saturn ist hiernach $1/_{14,5}$, also kleiner als frühere Bestimmungen ergeben haben. Die excentrische Lage des Planeten gegen den äußeren Ringrand ist durch die Messungen bestimmt ausgedrückt, er liegt dem östlichen Rande um etwa 2″ näher als dem westlichen; bezüglich des innern Randes der hellen Ringe liegt der Planet vollkommen centrisch.

Saturnmonde. Dr. Meyer hat auch aus Beobachtungen mit demselben Instrumente der Genfer Sternwarte

1) Astron. Nachr. Bd. 99, Nr. 2363, S. 167.

nach einer neuen Methode die folgenden Elemente [1]) des zweiten, dritten, vierten und fünften Trabanten des Saturn berechnet, die nach John Herschel's Bezeichnung die Namen Enceladus, Tethys,[2]) Dione und Rhea führen:

	Enceladus.	Thetys.
T[3])	= 1880 Oct. 8,0	Oct. 27,0
M_0	= 183° 17′6	95° 33′ 3″
u	= $1^d\ 8^h\ 52^m\ 39^s7$	$1^d\ 21^h\ 17^m\ 58^s1$
a_1	= 34″33	42″54
e	= 0,066235	0,006847
π	= 181° 45′3	204° 6′ 45″
☊	= 127 5,9	113 57 33
i	= 4 38,0	7 0 40

	Dione.	Rhea.
T	= Oct. 27,0	Oct. 27,0
M_0	= 334° 48′ 25″	70° 16′ 52″
n	= $2^d\ 17^h\ 40^m\ 54^s7$	$4^d\ 12^m\ 25^m\ 25^s4$
a_1	= 54″580	75″968
e	= 0,016888	0,014657
π	= 180° 16′ 48″	239° 26′ 0″
☊	= 124 17 2	127 4 31
i	= 6 41 30	6 36 10

Außerdem hat Dr. Meyer noch aus den Bewegungen dieser vier Monde die Masse des Saturn gleich

$^1/_{3511,4}$

der Sonnenmasse mit einer Unsicherheit von ungefähr $^1/_{400}$ berechnet.

Die Kometen des Jahres 1880.

Im vergangenen Jahre sind im Ganzen sieben Kometen sichtbar gewesen.

---

1) Astron. Nachr. Bd. 99, Nr. 2375, S. 359.

2) Dr. Meyer nennt, wie es nicht selten geschieht, den dritten Saturnmond Thetis, welchen Namen der von Dr. Luther 1852 entdeckte Planetoid (17) führt. In der griechischen Mythologie war Thétis eine Tochter des Nereus und der Doris, Gemahlin des Peleus und Mutter des Achilles, Thētys aber eine Tochter des Uranos und der Gäa, Gemahlin des Okeanos und Mutter der Okeaniden und Flußgötter.

3) T = Epoche, M_0 = mittlere Länge in der Epoche, u = Umlaufszeit, a_1 = scheinbare große Halbachse der Bahn, e = Excentricität derselben, π = Länge des Perisaturniums, ☊ = Länge des aufsteigenden Knotens, i = Neigung der Bahn gegen die Ekliptik.

Komet 1880a war nur auf der südlichen Halbkugel zu beobachten, gewährte aber wegen der großartigen Entwickelung seines Schweifes einen sehr imposanten Anblick. Er wurde zuerst am 1. Februar am Kap der guten Hoffnung und am nächsten Abende in Argentinien, sowie in Australien bemerkt. Der Direktor des argentinischen Observatoriums in Cordoba, Dr. Gould, erblickte den Schweif am Abend des 2. Februar mit bloßem Auge in der Abenddämmerung, und am nächsten Abend hatte derselbe schon eine Länge von 40°, während der Kopf unter dem Horizonte stand. Da die Bewegung des Kometen nach Norden gerichtet schien und Gould die Befürchtung hegte, derselbe könnte, wenn er demnächst auf der nördlichen Hemisphäre in der Morgendämmerung sichtbar würde, von den Astronomen auf dieser Halbkugel übersehen werden, so setzte er sie durch ein an den Herausgeber der „Astronom. Nachrichten", Prof. Peters in Kiel gerichtetes Telegramm von der Entdeckung dieses Himmelskörpers in Kenntniß. Am Abend des 4. Februar, gleich nach Sonnenuntergang, glückte es Gould, den Kopf des Kometen vor seinem Verschwinden unterm Horizonte zu sehen, und die Beobachtungen der nächsten Nacht zeigten, daß die Bewegung nach Süden gerichtet und von der Sonne abgewandt war. Die Beobachtungen in Cordoba waren vom Wetter sehr begünstigt. Die größte Entwickelung scheint der Komet am 7. oder 8. Februar gehabt zu haben; der Schweif hatte da eine Ausdehnung von 40° und eine Helligkeit etwa wie die Milchstraße im Stier, der Kopf war nur wenig heller, in Richtung des Schweifes verlängert, seine Breite betrug nur etwa 1½°, ein Kern war nicht zu unterscheiden. Zu dem unscheinbaren Kopfe bildete der schmale, gleichmäßig helle, stattliche Schweif einen auffälligen Kontrast. Die letzte Beobachtung gelang in Cordoba am 19. Februar; der Komet erschien an diesem Abende im Gesichtsfelde des Aequatoreales von 28½ Centim. Oeffnung als eine kaum noch wahrnehmbare Helligkeit. Am Kap wurde derselbe von D. Gill vom 10. bis 15. Februar beobachtet, in Rio de Janeiro gelangen Liais nur am 4. und 8. Februar Beobachtungen, auf der Sternwarte in Melbourne beobachtete ihn Ellery am 9., 10. und 14. Februar.

Nicht blos in seinem äußeren Aussehen, sondern auch in

der Beschaffenheit seiner Bahn zeigte dieser Komet eine ganz auffällige Aehnlichkeit mit dem Märzkometen des Jahres 1843. Gould erkannte zuerst die Uebereinstimmung der von ihm aus Beobachtungen vom 6., 9. und 12. Februar berechneten parabolischen Bahnelemente mit den seinerzeit von Hubbard für den Märzkometen des Jahres 1843 gefundenen elliptischen Elementen, denen allerdings eine Umlaufszeit von 376 Jahren entspricht. In ähnlicher Weise zeigen auch die von Tebbutt in Windsor, Neu-Südwales, aus Beobachtungen von Ellery in Melbourne vom 9., 14. und 17. Februar berechneten parabolischen Elemente des vorjährigen Kometen auffällige Aehnlichkeit mit dem dritten von Mauvais und Laugier für den Kometen von 1843 ermittelten elliptischen Elementensystem, das einer Umlaufszeit von nur 35 Jahren entspricht. In der That ist an der Identität beider Kometen nicht mehr zu zweifeln, und Dr. Wilh. Meyer in Genf hat aus 21 Beobachtungen — 11 von Cordoba und 10 von Melbourne — folgende elliptische Elemente für die vorjährige Erscheinung des Kometen abgeleitet: 1)

T = 1880 Jan. 27,4755 m. Berl. Zeit.

☊ =	355° 54′ 17″5	mittl. Aequin. 1880,0
ω =	77 40 17, 0	
i =	143 2 10, 6	

a = 11,08653
e = 0,999460
q = 0,005996
Umlaufszeit 36,91 Jahr.
Bewegung retrograd.

Die größte Entfernung des Kometen von der Sonne ist hiernach 22,167 Erdbahnhalbmesser, und während der Komet in seinem Perihel die außerordentlich große Geschwindigkeit von 544 Kilometer in der Secunde hat, beträgt dieselbe im Aphel blos 145 Meter.

Der große Komet von 1843 ist besonders dadurch merkwürdig, daß er am 28. Februar, einen Tag nach seinem Periheldurchgange und bevor man irgend welche Kunde von ihm hatte, an verschiedenen Orten, zu Bologna, Parma, Portland, in Mexiko und in den Vereinigten Staaten, am hellen

1) Astron. Nachr. Bd. 97, Nr. 2316, S. 185.

Tage nahe bei der Sonne gesehen wurde. Doch scheint er diesen außerordentlichen Glanz nur an dem einen Tage gezeigt zu haben, denn später sah man nur noch seinen gewaltigen Schweif abends nach Sonnenuntergang am westlichen Horizonte. Im mittleren Europa wurde der Komet erst gegen Mitte März beobachtet, und vielerorten konnte man nur den langen, aber verhältnißmäßig sehr schmalen Schweif sehen, dessen Länge am 17. März über 90° betrug, während der verhältnißmäßig schwache Kopf nur schwierig während der Dämmerung in den Dünsten am Horizonte erkennbar war. Uebrigens nahmen Länge des Schweifes und Helligkeit rasch ab; Mitte April war der Komet in Europa unsichtbar und am 19. April wurde am Kap der Guten Hoffnung die letzte Beobachtung gemacht.

Der Komet von 1843 ist außerdem noch merkwürdig durch seine große Annäherung an die Sonne; er war nämlich in seinem Perihel, am 27. Februar, nicht weiter als 140,000 Kilom. von ihrer Oberfläche entfernt, und legte den Weg von dem einen Knoten zum andern in weniger als drei Stunden zurück.

Bald nach der Erscheinung von 1843 wurden verschiedene Vermuthungen bezüglich der Identität des Kometen mit früheren aufgestellt. Unter diesen ist mit Rücksicht auf den vorjährigen Kometen besonders die von dem 1851 verstorbenen Prof. von Boguslawski in Breslau ausgesprochene von Interesse, weil die von diesem Astronomen vermuthete Umlaufszeit von 147⅓ Jahren ziemlich genau das Vierfache der für den Gouldschen Kometen berechneten Umlaufszeit von 36,9 Jahren ist. Außer dem äußerlichen Aussehen ist bei dem Kometen von 1843 auch die Bahn so eigenthümlich, daß man erwarten durfte, ihn ziemlich sicher in früheren Erscheinungen wieder zu erkennen, wenn uns einigermaßen zuverlässige Angaben über die scheinbare Bewegung am Himmel aufbewahrt sind. Da er nämlich nur wenig Stunden dicht bei der Sonne auf der Nordseite der Ekliptik verweilt, so wird er uns nur in den Sternbildern auf der südlichen Seite der Ekliptik sichtbar sein. Er wird also vorzugsweise auf der südlichen Erdhalbkugel zu beobachten sein, und zwar auch hier nur vom September bis December am Morgenhimmel, vom Januar bis April aber am Abend-

Himmel. Auf der Nordhemisphäre ist seine nächtliche Sichtbarkeit beschränkt auf die Monate October und November, wo er am Morgenhimmel in den Sternbildern des Raben und der Wasserschlange stehen kann, oder auf den Februar und März, wo man ihm am Abendhimmel im Eridanus sehen kann.

Boguslawski fand nun zunächst drei Kometen, die, nach den dürftigen Angaben über dieselben zu urtheilen, mit dem von 1843 identisch sein konnten. Der erste ist der durch einen prächtigen Schweif ausgezeichnete Komet, der vom 30. October bis 12. November 1695 in Südamerika, Ostindien und China gesehen wurde und seinen Lauf durch das Sternbild des Raben in die Wasserschlange nahm.

Der zweite ist der Komet von 1106, den man auch für identisch mit denen von 531 und 1680 gehalten hat und dessen sowohl in den chinesischen Annalen als bei verschiedenen europäischen Schriftstellern Erwähnung geschieht. Am 4. oder nach Andern am 5. Februar dieses Jahres wurde von der dritten bis zur neunten Stunde des Tages ein Stern gesehen, der „nur ein und einen halben Fuß" von der Sonne entfernt stand. Wir haben es also hier wahrscheinlich mit einer Tagesbeobachtung des Kometen zu thun, ähnlich wie 1843. Der Komet wurde darauf in Palästina am 7. Februar am Anfange des Zeichens der Fische, „in dem Theile des Himmels, wo die Sonne im Winter untergeht", entdeckt; ein weißer Strahl ging von ihm aus in große Ferne. Im westlichen Europa wurde er erst nach Mitte Februar sichtbar, und blieb es nach Angabe einzelner Autoren während der ganzen Fastenzeit, bis 25. März, während andere die Dauer seiner Sichtbarkeit auf 14 Tage beschränken. In China sah man ihn vom 10. Februar an; er konnte aber hier nur kurze Zeit beobachtet werden. Der Schweif hatte am 10. Februar, den von Pater Gaubil aufgefundenen chinesischen Berichten zufolge, eine Länge von 60°; europäische Berichterstatter sagen, daß er bis in den Anfang des Zeichens der Zwillinge, unterhalb des Orion, reichte.

Der dritte dieser Kometen ist derjenige, dessen Aristoteles in seiner Meteorologie gedenkt (Buch I, Kap. VI). Er erschien mitten im Winter des Jahres 371 v. Ch. (vielleicht auch 372 oder 373) in der Gegend des Aequinoctialpunktes,

ging aber bald nach der Sonne unter den Horizont, so daß sein Kopf nicht gesehen werden konnte. Allein sein Lichtschimmer stieg, wie eine Allee von Bäumen bis zum dritten Theile des Himmels herauf, wo er sich erst unter dem Gürtel des Orion verlor.

Indem nun Boguslawski den 24. October 1695 als Durchgangszeit des Kometen durch sein Perihel annahm, kam er auf eine Umlaufszeit von 147 Jahren 4 Monaten, und indem er rückwärts zählend diese Zeit allmählich auf 147 Jahre 11 Monate vergrößerte, kam er nicht nur auf die oben erwähnten Kometen von 1106 n. Ch. und 371 v. Ch., sondern auch auf die geschichtlich erwiesenen Kometenerscheinungen von 1548, 1401, 1254, 367, 219 und 72 n. Ch.

Nimmt man die Umlaufszeit viermal kürzer an als Boguslawski, so treten, wie Prof. Weiß bemerkt, zu den im Vorstehenden aufgezählten Erscheinungen nur wenig neue hinzu. Dieses auf den ersten Blick überraschende Resultat ist eine natürliche Folge der außergewöhnlichen Bahn des Kometen, insbesondere des Umstandes, daß er auf der nördlichen Erdhalbkugel, die ja für die Beobachtungen in früheren Jahrhunderten ausschließlich in Betracht kommt, nur dann auf kurze Zeit dem bloßen Auge sichtbar ist, wenn er im Februar oder März, oder auch im October oder November durch sein Perihel geht. Bei einer Umlaufszeit von 36,9 Jahren bleiben daher nach jeder beobachteten Erscheinung die zwei bis drei folgenden unsichtbar.

Unter den neu hinzutretenden Erscheinungen macht Prof. Weiß besonders auf zwei Tagesbeobachtungen von Sternen aufmerksam, die möglicherweise auf unsern Kometen zu deuten sind. Nach Pingré's Kometographie wurde am 1. August 1179 gegen die sechste Stunde des Tages ein Stern bei der Sonne gesehen, und Cardanus will, derselben Quelle zufolge, 1511 in Mailand bei hellem Tage und sehr reinem Himmel einen äußerst glänzenden Stern gesehen haben. Der erste Zeitpunkt liegt ziemlich genau um 19 Umläufe von 1880 zurück, der zweite ist nicht genau angegeben, doch liegt das Jahr 1511 um 10 Umläufe zurück. Pingré führt noch eine dritte Tagesbeobachtung eines Sternes an, die auch auf unsern Kometen bezogen werden kann, wenn man die Jahreszahl 1364

statt 1363 liest. Die betreffende Stelle sagt, daß am Tage vor dem Trinitatisfeste (27. Mai), vormittags um die dritte Tagesstunde, in Paris ein sehr kleiner Stern an der Stelle, wo mittags die Sonne steht, gesehen wurde, der mehrere Tage sichtbar blieb.

Komet b, ein teleskopisches Object, wurde am 6. April von Schäberle zu Ann Arbor in Michigan, Ver. Staaten, entdeckt, in den folgenden Nächten in Princeton und seit Mitte des Monats auch auf verschiedenen europäischen Sternwarten bis in den Juni beobachtet. Mitte April zeigte der Kopf desselben einen scharf begrenzten sternartigen Kern, etwa von der Helligkeit eines Sternes 10. Größe; der Schweif war besenförmig und ungefähr 3 Bogenminuten lang. Aus Beobachtungen vom 6. und 20. April und vom 4. Mai hat der Entdecker die folgenden Elemente für die Bahn dieses Kometen berechnet: 1)

$$T = \text{Juni } 30{,}79640 \text{ m. Washingt. Zeit.}$$
$$\left.\begin{array}{l} \pi = 41^0\ 51'\ 27''8 \\ \Omega = 257\ \ 9\ \ 48{,}5 \\ i = 123\ \ 5\ \ 29{,}8 \end{array}\right\} \text{mittl. Aequin. } 1880{,}0$$
$$q = 1{,}8186$$

Das Perihel des Kometen liegt sonach noch jenseits der Marsbahn. Die Hoffnung, ihn nach dem Durchgang durch dasselbe am Morgenhimmel sehen und bis gegen Ende des Jahres beobachten zu können, da er im November der Erde am nächsten stand, ist nicht erfüllt worden.

Komet c ist der periodische Komet von Faye, dessen Umlaufszeit etwa 7 1/2 Jahre beträgt, und der zuletzt bei seiner Zurückkunft zur Sonnennähe im Jahre 1873 beobachtet wurde. Doch gelangen damals nur an 4 Abenden Beobachtungen zu Marseille und Clinton. Für die vorjährige Erscheinung hatte Prof. Axel Möller in Lund, der schon seit längerer Zeit die genaue Berechnung dieses Kometen zu seiner speciellen Aufgabe gemacht hat, eine Ephemeride berechnet, mit deren Hilfe es Tempel in Arcetri bei Florenz gelang, denselben am 11. August aufzufinden. Doch war der Komet zum Messen damals zu schwach, und selbst am 25. August erschien die

1) Astron. Nachr. Bd. 97, Nr. 2321 S. 266.

Nebelmasse desselben nur klein, kaum 30″ im Durchmesser haltend, aber mit einem deutlichen Kern. Vom 29. August an wurde er auch anderwärts, in Lund, Kopenhagen, O'Gyalla, Genf 2c. beobachtet. Der Erde kam er am nächsten am 3. October, wo seine Entfernung nur 1,03 Erdbahnhalbmesser betrug. Indessen blieb er auch um diese Zeit ein sehr schwaches teleskopisches Object. Sein Durchgang durch das Perihel erfolgte erst am 22. Januar 1881.

Komet d wurde am 29. September von Dr. Hartwig in Straßburg und am 30. September von Harrington in Ann Arbor entdeckt und nachher bis in den November beobachtet. Meist war er nur mit dem Fernrohr sichtbar, doch konnte man ihn etwa bis zum 8. October auch mit bloßem Auge erkennen; er erschien dann merklich schwächer als der bekannte Nebel am Gürtel der Andromeda. Schmidt in Athen bezeichnet diesen Kometen als einen der schönsten und hellsten unter den 81 von ihm beobachteten. Der Kopf war ziemlich groß, der Kern war nicht wirklich sternartig, sondern gleich einem sehr kleinen stark verdichteten weißen Nebel; der schmale von der Sonne abgewendete Schweif erreichte (nach Schmidt) am 5. und 6. October eine Länge von 3,2°.

Das Spectrum dieses Kometen ist mehrfach untersucht worden. Dr. von Konkoly in O'Gyalla beobachtete in demselben am 1. October nicht blos die drei gewöhnlichen Banden, sondern noch eine vierte schwache Linie (II); die Wellenlängen dieser Banden in Milliontel Millim. waren

I	561,0	III	516,3
II	549,2	IV	485,6;

außerdem war noch ein continuirliches Spectrum von 570,8 bis 436,3 Milliontel Millim. zu beobachten.

In einem Circular der Straßburger Sternwarte vom 1. November hat Prof. Winnecke die Ansicht zu begründen gesucht, daß der Hartwig'sche Komet identisch ist mit den in den Jahren 1385, 1444, 1506 und 1569 erschienenen und eine Umlaufszeit von 62⅓ Jahren besitzt. Später haben aber Schulhof und Bossert in Paris mit Benutzung einer größeren Anzahl von Beobachtungen aus der Zeit vom 29. September bis 30. November die folgenden elliptischen

Elemente berechnet, die, wie wir sehen, eine weit größere Umlaufszeit geben: [1])

$$\begin{aligned} T &= 1880 \text{ Sept. } 6{,}9\ 2303 \text{ mittl. Berl. Z.} \\ \pi &= 8^{\circ}\ \ 1'\ \ 7''1 \\ \Omega &= 45\ \ 12\ \ \ 1{,}2 \\ i &= 141\ \ 53\ \ 37{,}5 \end{aligned} \Bigg\} \text{ mittl. Aequin. } 1880{,}0$$

$$\begin{aligned} e &= 0{,}99700 \\ a &= 118{,}07 \\ q &= 0{,}35421 \end{aligned}$$

Umlaufszeit 1280 Jahre.

Komet e wurde von Swift in Rochester am 10. October und unabhängig davon am 7. November von J. G. Lohse in Dunecht entdeckt. Er war als ein schwaches, verwaschenes teleskopisches Object ohne deutlichen Kern bis in die ersten Tage des Jahres 1881 zu verfolgen; noch am 5. Januar sah ihn Common in Ealing in seinem Reflector von 3 Fuß Oeffnung.

Bald nach der Entdeckung dieses Kometen wurde von verschiedenen Seiten auf die wahrscheinliche Identität desselben mit dem von Tempel entdeckten dritten Kometen des Jahres 1869 aufmerksam gemacht, bei dem schon früher, bei Gelegenheit der Veröffentlichung parabolischer Bahnelemente, Bruhns Abweichungen von der parabolischen Bewegung bemerkt hatte. Diese Identität ist denn auch ziemlich unzweifelhaft festgestellt, ungewiß aber ist es noch, ob der Komet seit 1869 einen einzigen Umlauf oder aber zwei Umläufe vollendet hat.

Professor Weiß in Wien veranlaßte seine Assistenten K. Zelbr und J. von Hepperger zu untersuchen, ob der Komet von 1869 sich einer Umlaufszeit von 11 Jahren fügt, da es wegen der großen Erdnähe des Kometen und der hieraus resultirenden Störungen bedenklich schien, die Beobachtungen von 1869 und 1880 durch eine einzige Bahn zu vereinigen. Es stellte sich nun heraus, daß sich in der That die Beobachtungen von 1869 mit befriedigender Genauigkeit durch eine elliptische Bahn mit 11jähriger Umlaufszeit darstellen ließen; aber Zelbr und Hepperger fanden zugleich, daß sich auch eine Bahn mit $5^1/_2$ Jahren Umlaufszeit, wiewohl minder genau,

1) Astron. Nachr. Bd. 99, Nr. 2353, S. 13.

an die Beobachtungen anschließt. Auf eine Umlaufszeit von $5\frac{1}{2}$ Jahren weisen nun die Beobachtungen aus dem vorigen Jahre hin, und es sind insbesondere Schulhof und Bossert zu dem Resultate gekommen, daß der Komet keinenfalls eine Umlaufszeit von 11 Jahren, sondern eine solche von 5 bis $5\frac{1}{2}$ Jahren besitzt. Es ist denselben auch gelungen, für beide Erscheinungen, 1869 und 1880, übereinstimmende Elementensysteme aufzustellen, welche eine befriedigende Uebereinstimmung mit der Erfahrung zeigen. Schulhof und Bossert weisen bei dieser Gelegenheit darauf hin, daß der Komet uns im vorigen Jahre unter den günstigsten Verhältnissen erschienen ist, da seine kleinste Entfernung von der Erde kaum 0,13 Erdbahnhalbmesser überschritt. Im Jahre 1874 mußte er unbemerkt das Perihel passiren, da seine Entfernung damals 16 mal größer war, und ebenso werden die Umstände bei seiner nächsten Wiederkehr zum Perihel ungünstig für die Beobachtung sein.

Eine Bahn mit etwas größerer Umlaufszeit hat sich aus den am Washingtoner Meridiankreis und den großen Clarke'schen Aequatoreal angestellten Beobachtungen ergeben. Winslow Upton hat nämlich daraus folgende Elemente berechnet, welche gut mit den früher von Professor Frisby ermittelten übereinstimmen:[1])

$$
\begin{aligned}
T &= 1880 \text{ Nov. } 7{,}79433 \text{ m. Washingt. Z.} \\
\pi &= 43^\circ\ 0'\ 9''2 \\
\Omega &= 296\ 41\ 55,4 \\
i &= 5\ 31\ 3,5
\end{aligned}
\left.\vphantom{\begin{aligned}\pi\\\Omega\\i\end{aligned}}\right\}\ 1880{,}0
$$

$$
\begin{aligned}
e &= 0{,}67594 \\
a &= 3{,}2994 \\
\mu &= 592''\ 0373
\end{aligned}
$$

Umlaufszeit = 5,9932 Jahre.

Komet f wurde am 16. December von Dr. C. F. Pechüle in Kopenhagen als ein kleiner, aber recht heller Nebel von 1′ Durchmesser mit sternartiger Verdichtung, ohne Schweif, entdeckt. Ein solcher zeigte sich auch später nicht, als die Dimensionen des Kometen etwas größer wurden. Professor Schmidt in Athen hebt als eine besondere Eigenthümlichkeit dieses Kometen hervor, daß zu jeder Zeit die Coma an der

1) Astron. Nachr. Bd. 99, Nr. 2363, S. 171; Frisby's Elemente das. Nr. 2359, S. 111.

westlichen oder vorangehenden Seite sehr viel breiter und heller war als an der östlichen. Der Komet strömte also das meiste Nebellicht gegen die Sonne aus, und an dem Orte, wo man den Schweif erwartete, zeigte sich von Nebel nur eine geringe Spur.

Im Spectrum des Pechüle'schen Kometen hat v. Konkoly am 26. December die gewöhnlichen drei Banden — Wellenlänge 560,3; 516,3 und 476,3 Milliontel-Millim. — beobachtet.

Die parabolischen Elemente dieses Kometen zeigten ziemliche Aehnlichkeit mit denen des großen Kometen von 1807, für welchen Bessel eine Umlaufszeit von 1713,5 Jahren berechnet hat, die sich aber in Folge der Störungen bis 1815 um 174 Jahre verkürzen soll. Um diese Aehnlichkeit näher zu prüfen, wurde der Komet auf der Pariser Sternwarte so lange als möglich verfolgt, und es gelang Bigourdan, denselben noch am 31. März zu beobachten. Bigourdan hat zuletzt die folgenden Elemente gegeben:[1])

$$T = 1880 \text{ Nov. } 9{,}42137 \text{ mittl. Par. Z.}$$
$$\left.\begin{aligned} \omega &= 261^\circ\ 3'\ 57''4 \\ \Omega &= 249\ \ 22\ \ 31,5 \\ i &= 60\ \ 42\ \ 14,5 \end{aligned}\right\}\ 1881{,}0$$
$$q = 0{,}6596$$

Bewegung direct.

Komet g. Ein als hell bezeichneter Komet wurde am 21. December von Cooper entdeckt und am 25. von demselben wieder beobachtet;[2]) seitdem scheinen keine weiteren Beobachtungen gelungen zu sein; Peters in Clinton suchte am 29. December vergebens nach demselben.

Der periodische Komet von Winnecke, der zuletzt im Jahre 1875 sichtbar war und eine Umlaufszeit von 5½ Jahren besitzt, kehrte ebenfalls im vorigen Jahre, und zwar Anfang December, zu seiner Sonnennähe zurück; doch waren, wie von vornherein bekannt war, die Verhältnisse so ungünstig, daß die Auffindung desselben nicht gelungen ist.

Prof. von Oppolzer in Wien, der sich mit der Bahn-

---

1) Comptes rendus, Vol. 92, p. 172.
2) Astron. Nachr. Bd. 99, Nr. 2355, S. 47.

berechnung dieses Kometen unter Berücksichtigung der Störungen beschäftigt, hat gefunden,[1]) daß zwischen den Erscheinungen von 1858, 1869 und 1870 nur dann eine genügende Verbindung herzustellen ist, wenn man entweder die Jupitermasse auf den Betrag von $^1/_{1051}$ der Sonnenmasse vermindert, oder wenn man eine ähnliche außerordentliche Einwirkung auf den Kometen annimmt, wie Encke bei dem nach ihm benannten periodischen Kometen gethan hat, um die Verkürzungen der Umlaufszeiten zu erklären. Die erstere Annahme hat aber wenig Wahrscheinlichkeit für sich, da alle neueren sicheren Bestimmungen sich dem Encke'schen Werthe der Jupitersmasse ($^1/_{1047,9}$) anschließen; außerdem ist die Darstellung der Beobachtungen auch nach Einführung dieser Correction noch keine befriedigende. Wohl aber läßt sich unter der zweiten Annahme eine sehr gute Darstellung der Beobachtungen erreichen, weshalb auch v. Oppolzer sich bei seinen weiteren Untersuchungen an die Encke'sche Hypothese gehalten hat. Er hat nun berechnet, daß die mittlere tägliche siderische Bewegung des Winnecke'schen Kometen bei jedem Umlauf eine Beschleunigung um 0″01436 erfährt, ein Resultat, welches fast vollkommen mit dem früher bei einer provisorischen Störungsrechnung aus den Beobachtungen des Jahres 1819 erhaltenen übereinstimmt. Oppolzer hat dann weiter deu Versuch gemacht, den numerischen Werth der Widerstandskraft zu bestimmen, die nach der Encke'schen Hypothese der Bewegung des Kometen entgegenwirkt, und ist hierbei zu einem Werthe gekommen, welcher auffallend wenig abweicht von demjenigen, den von Asten für den Encke'schen Kometen ermittelt hat.

Fixsterne und Nebel.

Eine allgemeine Uranometrie, alle dem bloßen Auge sichtbaren Sterne beider Himmelshalbkugeln umfassend, hat der Director der Sternwarte zu Brüssel, J. C. Houzeau, veröffentlicht,[1]) wofür demselben 1879 von der Akademie der Wissenschaften zu Brüssel der aller fünf Jahre zur Verthei-

1) Astron. Nachr. Bd. 97, Nr. 2314, S. 149.

2) Uranométrie générale, avec une étude sur la distribution des étoiles visibles à l'oeil nu (Annales de l'obs. royale de Bruxelles. Nouv. Série. Tome I, 1878).

lung kommende Staatspreis von 5000 Franken zuerkannt worden ist. Es beruht diese Arbeit auf Beobachtungen, welche Houzeau innerhalb 13 Monaten auf Jamaika angestellt hat. Erscheint dieser Zeitraum auch für eine so umfangreiche Arbeit etwas kurz gemessen, so hat das Houzeau'sche Verzeichniß doch darin einen Vorzug, daß die Beobachtungen von einem einzigen Beobachter und an einem Orte angestellt worden sind, an welchem beide Hemisphären ungefähr unter gleichen Verhältnissen erscheinen; es darf daher wohl angenommen werden, daß die Größenschätzungen ziemlich gleichmäßig erfolgt sind.

Houzeau giebt eine Aufzählung aller Sterne bis herab zur 6,5. Größe in vier Zonen, nämlich 1. vom Nordpol bis zu 45° nördlicher Declination, 2. von 45° nördlicher Declination bis zum Aequator, 3. vom Aequator bis 45° südlicher Declination und 4. von 45° südlicher Declination bis zum Südpol, geordnet nach den 24 Stunden der Rectascension.

Bei Vergleichung der Anzahl der Sterne, die den verschiedenen Rectascensionen angehören, ergeben sich zwei Maxima und zwei Minima der Häufigkeit. Erstere, die Maxima, fallen, wie bereits der ältere Struve gefunden hat, auf die Stunden V und XVIII der Rectascension, letztere auf die Stunden II und XIII.

In der südlichen Himmelshalbkugel befinden sich 2803, in der nördlichen 2913 Sterne. Dieser Unterschied rührt hauptsächlich von den polaren Zonen her, von denen die südliche 135 Sterne weniger enthält als die nördliche. Doch zeigt sich nicht eigentlich am Südpole selbst diese verhältnißmäßige Armuth an sichtbaren Sternen, sondern in der Zone 65° bis 45° südlicher Declination.

Die Vertheilung der Sterne der sechs ersten Größenklassen auf die nördliche und die südliche Hemisphäre ist ziemlich gleichmäßig.

Um ferner die Vertheilung der dem bloßen Auge sichtbaren Sterne bezüglich der Milchstraße besser übersehen zu können, giebt Houzeau eine Zusammenstellung nach Zonen, die vom Nordpol des Milchstraßenringes (12 Std. 49,1 Min. Rektasc., + 27° 30′ Declination), je 20° umfassend, auf einander folgen. Es zeigt sich dabei ein ganz entschiedenes Maximum, eine Zusammendrängung der Sterne in der mittelsten

Zone, während sich die sternärmsten Gegenden an den Polen befinden. Bezeichnet man die Aequatorzone mit A und die nach dem Nordpol hin liegenden mit + I, + II, + III, + IV, die nach dem Südpol hin liegenden mit — I — II, — III, — IV, so ist die Anzahl der Sterne in den einzelnen Zonen

+ IV	+ III	+ II	+ I	A	— I	— II	— III	— IV
141	438	683	974	1145	1035	706	444	153

Dasselbe Ergebniß, die Zunahme der Sterne nach der Milchstraße hin, hat auch schon Wilh. Struve gefunden; nach seiner Angabe ist dieselbe aber stärker bei den teleskopischen als bei dem mit bloßem Auge wahrnehmbaren Sternen. Eine von Houzeau gegebene Zusammenstellung der Sterne der drei ersten Größenklassen und eine solche der drei letzten Größenklassen nach den erwähnten neun Zonen ergiebt nun insofern ein dem Struve'schen gegenüber unerwartetes Resultat, als bei den helleren Sternen die Zunahme-Häufigkeit nach der Milchstraße hin deutlicher hervortritt als bei den schwächeren. Die Verdichtung der Sterne in der Nähe der Milchstraße ist daher bei den hellsten und bei den schwächsten Sternen am auffallendsten und tritt mehr zurück bei den mittleren Größenklassen.

Ueber die Intensitätsverhältnisse der Farben in den Spectren einiger Fixsterne sind von Professor H. C. Vogel auf dem astro-physikalischen Observatorium zu Potsdam Versuche angestellt worden, deren Resultate in mehrfacher Hinsicht Interesse erregen.[1])

Das von Vogel benutzte Photometer gründet sich auf das Princip, meßbare Veränderungen der Lichtintensität durch Polarisation hervorzubringen und unterscheidet sich von anderen ähnlichen Apparaten hauptsächlich dadurch, daß es leicht an einem größeren Fernrohr angebracht und zu astronomischen Zwecken verwendet werden kann. Mit demselben ist eine Petroleumlampe bleibend in Verbindung gebracht, die um zwei auf einander senkrecht stehende Achsen drehbar ist und mittels einer Wasserwage eingestellt werden kann. Die Flamme bleibt vom Spalte des Spectroskopes, auf welchen das Licht durch ein

1) Monatsber. der Berl. Akad., Sept. u. October 1880, S. 801.

total reflectirendes Prisma geworfen wird, in constanter Entfernung. Bei einiger Vorsicht, die sich namentlich auf die Reinigung der Lampe vorm Gebrauch und stets frische Füllung bezieht, ist das Intensitätsverhältniß der Farben im Spectrum des Petroleumlichtes nur sehr geringen Schwankungen unterworfen, und es können daher Beobachtungen, die an verschiedenen Tagen angestellt worden sind, recht wohl mit einander verglichen werden.

Bei der photometrischen Beobachtung der Fixsternspectra erwies es sich als das Zweckmäßigste, den Spalt des Spectroskopes etwas außerhalb der Brennweite der Objectivlinse des Fernrohrs anzubringen. Doch konnte dann eine Vergleichung der Intensitäten der Farben mit der Intensität der entsprechenden Farben im Petroleumlicht nicht unmittelbar vorgenommen werden, sondern es mußte noch die mit der Farbe sich ändernde Breite des Sternspectrums in Betracht gezogen werden, die eine Folge des nicht vollkommenen Achromatismus des Objectives ist. Es wurden deshalb die Vereinigungspunkte für die Strahlen verschiedener Farben eigens bestimmt und daraus die Breiten des Spectrums für die betreffenden Stellen berechnet. Bei einem Spiegelteleskope wäre dies nicht nöthig gewesen, weil hier alle farbigen Strahlen in einem Punkte vereinigt werden, weshalb das Spectrum eines Sternes immer durch parallele Linien begrenzt erscheint.

Die Beobachtungen wurden von Vogel in Verbindung mit Dr. G. Müller meist so angestellt, daß abwechselnd der Eine die Einstellungen machte, während der Andere am Kreise ablas. Dabei wurden aus öfters wiederholten Messungen die zu Anfang der folgenden Seite stehenden Mittelwerthe für das Verhältniß zwischen der Intensität des Petroleumlichtes und des Fixsternlichtes an bestimmten, durch die Größe der Wellenlänge näher charakterisirten Stellen des Spectrums gewonnen.

Bei Capella schließen sich die Beobachtungen sehr genau an die Mittelwerthe an, dagegen betragen die Abweichungen im Mittel bei Sirius 9, bei Wega 11, bei Arctur 13, bei Aldebaran 8 und bei Beteigeuze 9 Procent.

Aehnliche Messungen hat Vogel in Verbindung mit Dr. Müller und Dr. Kempf auch über die Sonne und das

Wellenlänge Mill. Millimeter	Intensität					
	Petroleum / Sirius	Petrol. / Wega	Petrol. / Capella	Petrol. / Arctur	Petrol. / Aldebaran	Petrol. / Beteigeuze
633	285	270	232	200	218	202
600	200	191	173	153	159	153
555	100	100	100	100	100	100
517	49	50	46	71	70	61
486	24	27	20	57	53	47
464	14	16	14	50	48	39
444	11	9	12	46	41	32

durch eine kräftige, von einer 6pferdigen Gasmaschine bewegten dynamoëlektrischen Maschine erzeugte elektrische Licht ausgeführt. Wegen der viel günstigeren Verhältnisse sind die Ergebnisse bei der Sonne viel sicherer (Abweichungen im Mittel 6 Proc.), wogegen beim elektrischen Licht wegen der Inconstanz desselben kein hoher Grad von Genauigkeit zu erreichen war (Abweichungen 16 Proc.). Die Resultate sind folgende:

Wellenlänge Mill. Millimeter	Petroleum / Sonne	Petroleum / Elektr. Licht
633	232	190
600	175	149
555	100	100
517	52	64
486	27	43
464	18	32
444	11	25
426	10	20

Aus diesen Zahlenwerthen läßt sich leicht eine Verwandtschaft der Sterne mit nahezu gleichem Spectrum, der weißen Sirius und Wega, der gelblichen Capella und Sonne, sowie der rothen Sterne Arctur, Aldebaran und Beteigeuze erkennen. Bei den weißen Sternen besitzt der brechbarere Theil des Spectrums eine viel größere Intensität als bei den gelblichen oder den rothen, und die Intensitätsverhältnisse der letzteren weichen nicht wesentlich von denen des elektrischen Lichtes ab. Es läßt sich daraus der Schluß ziehen, daß sich der Glühzustand der rothen Sterne einigermaßen mit der Temperatur des elektrischen Flammenbogens vergleichen läßt, daß aber die Temperatur derselben weit unter der unserer Sonne liegt.

Diese wieder hat wahrscheinlich nahezu dieselbe Temperatur wie die gelben Sterne mit nahe gleichem Spectrum, aber eine weit niedrigere als die weißen Sterne.

Es findet damit eine Ansicht, die Vogel früher ausgesprochen hat, daß nämlich in den Spectren sich die Entwickelungs- oder Abkühlungsstadien der Sterne abspiegeln, ihre Bestätigung; auch wird es sehr wahrscheinlich, daß ein Theil der Streifen und Bänder, welche wir in den Spectren rother Sterne beobachten, chemischen Verbindungen in den diese Sterne einhüllenden Atmosphären ihre Entstehung verdanken, da bei Temperaturen, welche die des elektrischen Flammenbogens nicht sehr wesentlich übersteigen, sehr wohl chemische Verbindungen denkbar sind.

Ferner haben Vogel und Müller spectralphotometrische Beobachtungen am Monde und zum Vergleich an einer Reihe irdischer Stoffe bei nahezu senkrechter Beleuchtung durch die Sonne angestellt. Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt, und zwar giebt A die Zahlen für den Mond $\left(\frac{\text{Petroleum}}{\text{Mond}}\right)$, B für rothen Ziegelstein, C für Dolerit, D für Lehm, E für gelben Sand, F für Ackererde, G für ein Gemisch von Erde, Sand und Lehm, H für gelblich-grauen Sandstein.

Wellenlänge Mill. Millimeter	A	B	C	D	E	F	G	H
633	220	90	235	175	173	210	178	210
600	164	76	173	145	145	159	144	160
555	100	100	100	100	100	100	100	100
517	62	69	53	68	55	67	67	60
486	40	55	30	50	32	49	49	37
464	29	48	22	40	23	40	37	24
444	22	35	20	36	21	35	30	19
426	18	—	—	—	—	—	—	—

Vogel zieht aus diesen Zahlen den Schluß, daß die Oberfläche des Mondes nur eine schwache Färbung hat und wohl aus solchen Substanzen gebildet sein kann, die wir auch auf unserer Erdoberfläche finden. Die beste Uebereinstimmung zeigt gelblich grauer Sandstein.

Größe der Fixsterne. — Während die größeren

Planeten im Fernrohre als wohlbegrenzte Scheiben erscheinen, deren scheinbare Durchmesser mit dem Mikrometer gemessen werden können, zeigt uns das Fernrohr die Fixsterne um so mehr als leuchtende Punkte ohne jede Ausdehnung, je vorzüglicher es ist. Wir können daher die scheinbare Größe der letzteren nicht messen, und deshalb ist, auch wenn uns ihre Parallaxe und also ihre Entfernung bekannt ist, eine directe Bestimmung ihrer Dimensionen unmöglich gemacht. Es hat nun Professor Edward C. Pickering, Director der Sternwarte des Harvard Colleges in Cambridge, Ver. St., in einer der Amerikanischen Akademie der Künste und Wissenschaften am 25. Mai 1880 vorgelegten Abhandlung 1) den Versuch gemacht, die Größe der Fixsterne aus der Beschaffenheit und Intensität ihres Lichtes in ähnlicher Weise zu bestimmen, wie man dies bei Satelliten und kleinen Planeten schon früher gethan hat.

Sind B und b die scheinbaren Durchmesser der Sonne und eines Sternes, von der Erde aus beobachtet, in Bogensecunden;

l die specifische Helligkeit des Sternes im Vergleich zur Sonne, d. h. das von einer gewissen Fläche des Sternes ausgestrahlte Lichtquantum, dividirt durch das von der gleich großen Sonnenfläche ausgestrahlte Lichtquantum;

S und s die Größenklasse der Sonne und des Sternes nach Pogson's Scala, bei welcher das Verhältniß der Lichtintensitäten zweier Nachbarklassen 2,514 (Differenz der Logarithmen = 0,4) ist;

p die Parallaxe des Sternes in Bogensecunden;

so gilt nach Pickering die Formel

$$\log b = \log B + 0{,}2\, S - 0{,}2\, s - 0{,}5 \log l.$$

Nun ist $B = 32'\,4'' = 1924''$. Ziemliche Unsicherheit besteht bezüglich der Größenzahl S der Sonne. Das Licht der letzteren ist mehrfach mit dem des Sirius verglichen worden: Huygens fand 1698, indem er das Sonnenlicht durch eine feine Oeffnung gehen ließ, die Zahl 756,000000. Wollaston erhielt 1829 durch Vergleichung der von einer versilberten Glaskugel reflectirten Bilder der Sonne und eines Lampen-

1) Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. New Series, Vol. VIII. Boston 1881, p. 1.

lichtes den Werth 20000,000000. Steinheil erhielt 1836, indem er den Mond zum Vergleich nahm, 3840,000000. 1861 bestimmte Bond die relative Lichtintensität von Sonne und Mond, indem er ihre Reflexbilder in einer Glaskugel mit einer Bengalischen Flamme verglich, und durch Combination seiner Messungen mit den von Herschel und Seidel ausgeführten Vergleichungen des Mondes und des Sirius erhielt er das Resultat 5970,000000. Clark endlich fand 1863, daß wenn die Sonne in die 1,200000 fache, Sirius aber in die 20 fache Entfernung gerückt würde, beide die Helligkeit eines Sternes sechster Größe haben würden; das Verhältniß beider ist demnach durch die Zahl 3600,000000 gegeben. Berechnet man diese Zahlen nach Pogson'schen Sterngrößen, so erhält man

nach Huygens	22,20		nach Bond	24,44
„ Wollaston	25,75		„ Clark	23,89
		nach Steinheil 23,96.		

Als Mittel nimmt Pickering 24 an, und indem er die Größenklasse des Sirius gleich — 1,5 setzt, erhält er die Größenklasse der Sonne gleich — 25,5. Die obige Formel geht sonach über in

$$\log b = 8{,}184 - 0{,}2\,s - 0{,}5 \log l.$$

Aus dieser Formel läßt sich der scheinbare Durchmesser b eines Sternes berechnen, wenn man den Werth von l kennt, und dann läßt sich mit Hilfe der Parallaxe auch der wahre Durchmesser finden. Pickering hat nun zwar ein Verfahren angedeutet, nach welchem man unter der Annahme, daß die verschiedene Lichtintensität nur von der Verschiedenheit der Temperatur abhängt, den Werth l aus Beobachtungen annähernd finden kann; da indessen derartige Beobachtungen noch nicht vorliegen, so setzt er l = 1, d. h. er setzt das Ausstrahlungsvermögen der Fixsterne gleich dem der Sonne, eine Annahme, die wenigstens für die zahlreichen Sterne, welche dieselbe Färbung und wesentlich dasselbe Spectrum wie die Sonne haben, sich der Wahrheit nähern dürfte. Die von Pickering auf diesem Wege berechneten Durchmesser für die verschiedenen Größenklassen sind in nachstehender Tabelle angegeben:

Scheinbare Durchmesser von Sternen verschiedener Größe.

Gr.	Durchm.	Gr.	Durchm.	Gr.	Durchm.	Gr.	Durchm.
0,0	0″01528	1,3	0″00840	2,6	0″00461	3,9	0″00254
0,1	0, 01459	1,4	0, 00802	2,7	0, 00441	4,0	0, 00242
0,2	0, 01393	1,5	0, 00766	2,8	0, 00421	4,1	0, 00231
0,3	0, 01330	1,6	0, 00731	2,9	0, 00402	4,2	0, 00221
0,4	0, 01271	1,7	0, 00698	3,0	0, 00384	4,3	0, 00211
0,5	0, 01213	1,8	0, 00667	3,1	0, 00366	4,4	0, 00201
0,6	0, 01159	1,9	0, 00637	3,2	0, 00350	4,5	0, 00192
0,7	0, 01107	2,0	0, 00608	3,3	0, 00334	4,6	0, 00184
0,8	0, 01057	2,1	0, 00581	3,4	0, 00319	4,7	0, 00175
0,9	0, 01009	2,2	0, 00555	3,5	0, 00305	4,8	0, 00168
1,0	0, 00964	2,3	0, 00530	3,6	0, 00291	4,9	0, 00160
1,1	0, 00920	2,4	0, 00506	3,7	0, 00278	5,0	0, 00153
1,2	0, 00879	2,5	0, 00483	3,8	0, 00266		

Eine Vergrößerung der Größenklasse um 5 setzt den Durchmesser auf den zehnten Theil herab. Derselbe ist also beispielsweise für die

Größe 3,5 . . . . 0″00305
„ 8,5 . . . . 0, 00031
„ 13,5 . . . . 0, 00003
„ —1,5 . . . . 0, 0305;

die letzte Zahl ergiebt sich, weil — 1,5 = 3,5 — 5 ist, es tritt also hier eine Verzehnfachung der ersten Zahl 0,00305 ein. Der scheinbare Durchmesser von 0″0305 kommt nach Pickering's Rechnung dem Sirius zu; die bläuliche Farbe desselben deutet aber an, daß seine Lichtausstrahlung 1 größer als 1 ist; und dann würde sein Durchmesser kleiner sein.

Der kleinste im 15zölligen Refractor der Sternwarte des Harvard College sichtbare Stern ist von der Klasse 15,5, sein Durchmesser ist also 0,000012.

Um mittels der Parallaxe p den wahren Durchmesser des Sternes zu finden, kann man sich folgenden Verfahrens bedienen: Würde die Sonne bis in die Entfernung des Sternes gerückt, so würde ihr Durchmesser zur Parallaxe dasselbe Verhältniß haben, wie die Sehne des scheinbaren Sonnendurchmessers ($2 \sin 16' 2''$) zur Einheit; der scheinbare Sonnendurchmesser würde also

$$2\,p \,.\, \sin 16' 2'' = 0{,}00933 \,.\, p$$

sein und die Größenklasse den in folgender Tabelle angegebenen Werth haben:

Parallaxe	Größe	Parallaxe	Größe
0″1	6,07	0″6	2,18
0, 2	4,57	0, 7	1,84
0, 3	3,68	0, 8	1,56
0, 4	3,06	0, 9	1,30
0, 5	2,58	1, 0	1,07

Nimmt man die Parallaxe von dem Doppelsterne α im Centauren zu 0″9 und die Größe seiner Componenten zu 0,0 und 3,0 an, so ergeben sich die Durchmesser derselben 1,82 und 0,46 mal so groß als derjenige der Sonne.

Beim Doppelstern 61 im Schwan, dessen Parallaxe 0″3 ist und dessen Componenten die Größe 5,0 und 6,0 haben, sind die Durchmesser der Componenten 0,55 und 0,35 mal so groß als der der Sonne.

Für Doppelsterne, deren Periode P und große Halbaxe a bekannt sind, läßt sich bekanntlich mittels des dritten Kepler=schen Gesetzes die Masse finden, und wenn man voraussetzt, daß Dichte und Lichtstrahlung ebenso wie bei der Sonne sind, so ergiebt sich für den Durchmesser b eines Sternes, der in derselben Entfernung wie der Doppelstern steht, und welcher die Masse des Systemes und die Dichte der Sonne hat, der Werth

$$b = \frac{0,00933a}{P^{2/3}},$$

der Sonnendurchmesser = 1 gesetzt. Pickering giebt in seiner Abhandlung eine größere Anzahl so berechneter relativer Stern=durchmesser, von denen hier nur die folgenden Platz finden mögen:

Stern	Durchm.
42 im Haar der Berenice . . .	1,74
ζ „ Herkules	3,16
η in der nördlichen Krone . . .	1,99
Sirius	6,31
ξ im Großen Bären	1,44
α „ Centauren	1,44
70 „ Ophiuchus	1,10

Stern	Durchm.
ω im Löwen	2,63
γ „ „	17,38
γ in der Jungfrau	4,17
η „ „ Kassiopeja	0,96
61 im Schwan	0,66

Veränderliche Sterne. — In der bereits erwähnten Arbeit giebt Prof. Pickering eine eingehende Untersuchung des Lichtwechsels der veränderlichen Sterne von Typus des Algol (β im Perseus) und versucht den Lichtwechsel dieses Sternes nicht nur im Allgemeinen, sondern genau seinem numerischen Verlaufe nach zu erklären. Pickering theilt die veränderlichen Sterne in fünf Klassen:

1. Temporäre Sterne, welche plötzlich erscheinen und dann im Laufe weniger Monate allmählich schwächer werden. Der im Jahre 1572 von Tycho Brahe beobachtete, der 1866 in der nördlichen Krone (s. dieses Jahrb. III, S. 23) und der 1876 im Schwan (dieses Jahrb. XIII, S. 45) beobachtete Stern sind Beispiele hierfür.

2. Sterne, die in veränderlichen Zeiträumen, zwischen 6 Monaten und 2 Jahren vom Minimum zum Maximum der Helligkeit und wieder zurück gehen, wobei nicht blos die Periode, sondern auch Maximum und Minimum veränderlich sind. Der Wechsel der Lichtstärke ist meist sehr beträchtlich und steigt auf das mehrhundert=, selbst tausendfache. Mira im Walfisch und χ im Schwan sind die auffallendsten Beispiele.

3. Viele — nach Gould alle — Sterne sind leichten Veränderungen ihrer Lichtstärke unterworfen, die in manchen Fällen unregelmäßig erscheinen; wenigstens ist ihr Gesetz nicht bekannt. α im Orion und α in der Kassiopeja sind Beispiele dafür.

4. Manche Sterne verändern sich beständig, indem sie im Laufe einiger Tage eine Reihe von Lichtwechseln durchlaufen, die sich regelmäßig zu wiederholen scheinen. Pickering vermuthet, daß hier zwei Ursachen zusammenwirken, von denen die eine ein Maximum und ein Minimum in jeder Periode, die andere aber zwei Maxima und zwei Minima bewirkt. β in der Leier und δ im Cepheus sind Beispiele.

5. Manche Sterne behalten während des größten Theiles

der Zeit gleichmäßige Helle, verlieren aber in regelmäßigen Zwischenzeiten binnen weniger Stunden einen großen Theil ihres Lichtes und erlangen es nachher mit derselben Geschwindigkeit wieder. Diese Veränderungen wiederholen sich mit solcher Regelmäßigkeit, daß man bei einigen Sternen die Zwischenzeit bis auf den Bruchtheil einer Sekunde genau angeben kann. Algol ist der auffallendste Stern dieses Typus, zu dem auch δ im Krebs und δ in der Wage gehören.

Verschiedene Theorien sind aufgestellt worden zur Erklärung des Lichtwechsels der veränderlichen Sterne, und ohne Zweifel sind auch verschiedene Ursachen hier wirksam.

Man nimmt an, daß durch einen Zusammenstoß des Sternes mit einem anderen oder durch plötzliche Entwicklung und rasche Verbrennung ungeheurer Massen von Wasserstoff der Stern schnell erhitzt und glühend gemacht worden ist, dann aber sein Licht durch Abkühlung allmählich verliert. Diese Erklärung dürfte nur für Sterne der ersten Art passen, und hier hat sie allerdings eine Bestätigung in der spectroskopischen Beobachtung des neuen Sternes im Schwan gefunden: das Spectrum desselben enthielt zuerst die Linien des glühenden Wasserstoffs, die aber verschwandeu, als das Sternlicht schwächer wurde. Die verhältnißmäßig sehr rasche Verminderung der Helligkeit erklärt sich am einfachsten durch die Annahme, daß bei der Rapidität des Verbrennungsprocesses die Erhitzung des Sternes nur oberflächlich ist.

Sterne gleich unserer Sonne, bei denen aber die Flecken bezüglich ihrer Größe viel bedeutenderem Wechsel unterworfen sind, müssen beträchtliche Veränderungen ihrer Helligkeit zeigen. Auf diese Weise lassen sich die Veränderungen der dritten Klasse erklären, während eine solche Erklärung bei den großen Intensitätsvariationen der zweiten Klasse bedenklich erscheint.

Eine andere sehr beliebte Erklärung von Lichtveränderungen in kurzen Perioden ist die, daß der Stern sich um eine Achse dreht und daß seine verschiedenen Seiten verschieden hell sind. Auf solche Weise sucht man beispielsweise die Lichtveränderungen des äußersten Saturnmondes, Japetus, zu erklären. Eine ähnliche Wirkung würde auch eintreten, wenn der rotirende Stern nicht kugelförmig wäre und in Folge dessen bei der Rotation seine scheinbare Größe änderte. Doch sind große

Aenderungen der Lichtintensität nicht mit den Bedingungen stabilen Gleichgewichts verträglich. Diese Theorie dürfte auf die Sterne vierter Klasse anwendbar sein.

Eine andere Theorie sucht die Ursache des Lichtwechsels in dem Umlauf eines undurchsichtigen Körpers oder eines Satelliten zwischen uns und dem Sterne, und diese Theorie ist es, von der Pickering glaubt, daß sie eine ausreichende Erklärung für die Erscheinungen des Lichtwechsels der Sterne fünfter Klasse giebt. Eine Modification dieser Theorie ersetzt den einzelnen dunkeln oder wenigen hellen Körper durch eine Wolke kleinerer.

Daß die Variationen des Algol nicht durch Eruptionen, Zusammenstöße mit anderen Sternen oder Erscheinungen, die den Sonnenflecken gleichen, zu erklären sind, ergiebt sich schon aus der Regelmäßigkeit dieser Variationen. Derartige Wirkungen könnten kaum so oft sich wiederholen, ohne daß die Quelle von Energie, der sie entstammen, sich erschöpfte.

Die Rotation des Sternes bei verschiedenem Lichtstrahlungsvermögen seiner verschiedenen Theile scheint allerdings eher zu der Regelmäßigkeit und Kürze der Periode zu passen. Doch meint Pickering, daß sie für das Plötzliche des Lichtwechsels keine Erklärung gebe. „Wenn das Licht durch einen dunkeln Theil des Sternes geschwächt würde, der gegen die Beobachter gekehrt ist, so müßte das Minimum so lange dauern, bis durch die Rotation des Sternes dieser Theil verschwunden wäre. Das kurze Minimum, welches beobachtet wird, könnte nach dieser Theorie nur durch die Voraussetzung erklärt werden, daß der Stern selbst dunkel ist, daß sich aber in der Polargegend ein großer heller Fleck befindet, und daß die Drehungsachse so gerichtet ist, daß ein großer Theil des Fleckes auf kurze Zeit während jeder Umdrehung verschwindet. Selbst dann aber bleibt noch die anscheinend unüberwindliche Schwierigkeit bestehen, daß der helle Fleck seine scheinbare Größe und den Winkel, unter welchem er Licht gegen den Beobachter aussendet, ändern müßte, daher auch seine Helligkeit während der ganzen Periode variiren müßte.“ Dem gegenüber hat indessen Prof. H. Bruns in Berlin durch eine analytische Untersuchung den Nachweis geführt,[1]) daß es auf unendlich

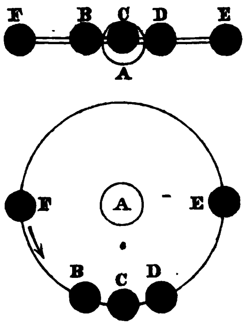
1) Monatsberichte der Berliner Akademie. Jan. 1881. S. 48.

viele Arten möglich ist, die Bestimmungsstücke bezüglich der Lichtemission des Sternes so zu wählen, daß die sich ergebende Helligkeitscurve sich innerhalb beliebig enger Grenzen irgend einer beobachteten stetigen und periodischen Lichtcurve anschließt. Es erscheint demnach die Annahme einer Achsendrehung verbunden mit ungleicher Vertheilung der Helligkeit die einfachste Hypothese. Beispielsweise könnte man sich den Stern mit einer stark absorbirenden Atmosphäre umgeben denken, welche nach dem Rande zu eine starke Lichtabschwächung bewirkt. Die Vertheilung der Leuchtkraft außerhalb einer Aequatorzone von gewisser Breite ist dann ohne merklichen Einfluß auf die Helligkeit, und es genügt die Annahme eines dunkeln Fleckes in dieser Zone, um einen Lichtwechsel nach Art des Algol hervorzurufen.

Was nun die von Pickering bevorzugte Hypothese eines dunkeln um den Hauptstern laufenden Begleiters anlangt, so läßt sich für die Größe des letztereu im Vergleich zu ersterem leicht eine Grenze aus dem Minimum der Lichtstärke berechnen. Letzteres beträgt beim Algol 0,416 der größten Intensität. Der dunkle Begleiter muß also $1 - 0,416 = 0,584$ von der sichtbaren Scheibe des Hauptsternes abschneiden, und wenn wir annehmen, daß dieser Begleiter zur Zeit des Minimums nicht über den hellen Hauptstern hervorragt, so muß der Halbmesser des ersteren $\sqrt{0,584} = 0,764$ von dem des letzteren betragen. Nimmt man aber an, daß der dunkle Begleiter zur Zeit des Minimums theilweise über den Hauptstern hervorragt, so kann man seinen Radius beliebig groß annehmen und doch die Bedingung erfüllen, daß das Minimum 0,416 ist. Je nach der Hypothese, die man zu Grunde legt, wird aber das Gesetz der Lichtab- und Zunahme um die Zeit des Minimums ein anderes werden, und da das wirkliche Gesetz aus den Beobachtungen bekannt ist, so kann man die Zulässigkeit der Hypothese prüfen. Die Umlaufszeit des dunkeln Begleiters ist gleich der Periode des Lichtwechsels, beim Algol 2 Tage 20 Stunden 48,9 Minuten; die Dauer der Lichtvariation ist aber beschränkt auf die Zeit, während welcher der dunkle Körper vor dem hellen steht, und aus der Vergleichung beider Zeiten kann man daher unter der Annahme einer kreisförmigen Bahn und constanter Geschwindigkeit die Größe des Bahnhalbmessers, ausgedrückt in Halbmessern des Hauptsternes, berechnen.

In ähnlicher Weise würde man auch unter der Annahme einer elliptischen Bahn die Elemente bestimmen können, wiewohl die Berechnung dann umständlicher wird. Pickering findet nun, daß am besten den Beobachtungen Genüge geleistet wird durch die Annahme eines dunkeln Begleiters vom Radius 0,764, dessen Ebene um 87° gegen die auf der Verbindungslinie Erde-Algol senkrechte Ebene geneigt ist und dessen Bahnhalbmesser 4,6 mal so groß als der Halbmesser des Hauptsternes ist. Fig. 2 zeigt zu unterst den Hauptstern A mit dem dunkeln Begleiter, auf die Bahnebene des letzteren projicirt, oben aber die beiden Körper, wie wir sie von der Erde aus sehen. Dabei bedeuten E und F den Begleiter in seinen größten scheinbaren Abständen vom Hauptstern, B, C und D denselben im Moment der ersten Berührung, des Minimums und der letzten Berührung. Wird der Durchmesser des Algol gleich 0″006 gesetzt (entsprechend der 2. Größe zufolge der Tabelle auf S. 44), so müßte man die Figur aus einer Entfernung von 206 Kilometer betrachten, um den Kreis A ebenso groß zu sehen, als uns Algol erscheint.

Fig. 2.



Wenn aber auch Pickering's Hypothese in optischer Hinsicht den Beobachtungen genügt, so ist sie doch andererseits, wie Bruns a. a. Orte gezeigt hat, um so ernsteren Bedenken in mechanischer Hinsicht ausgesetzt; es beträgt nämlich der lichte Zwischenraum zwischen den beiden kugelförmigen Weltkörpern nur 0,6 des Abstandes ihrer Mittelpunkte, und bei so großer Nähe beider Körper hält es allerdings schwer, an die Stabilität des Systemes zu glauben.

Der veränderliche Stern U im Cepheus.[1]) Die

1) Derselbe wird vielfach als T im Cepheus bezeichnet; diesen Namen hat indessen Ceraski einem andern, von ihm bereits im Jahre 1878 entdeckten Veränderlichen beigelegt, dessen Ort nach Sokoloffs Bestimmung vom 6. und 7. September

$21^h\ 7^m\ 57^s\ 05$ Rectasc., $+ 68^{\circ}\ 0'\ 8''4$ Decl.

ist. Vgl. Astron. Nachr. Bd. 98, Nr. 2343, S. 239.

Veränderlichkeit dieses Sternes, dessen Ort Argelander in seiner Durchmusterung

$0^h 49^m 39^s$ Rectasc., + 81° 5′6 Decl.

angiebt, wurde von W. Ceraski, Observator an der Sternwarte in Moskau, am 23. Juni 1880 entdeckt. Es hat dieser Stern in seinem kleinsten Licht dieselbe Eigenschaft, wie δ in der Wage, Algol, S im Krebs, U in der Krone und λ im Stier, nämlich sehr lange in derselben Lichtstärke zu verharren. Ab- und Zunahme der Lichtstärke erfolgen allerdings sehr rasch, letztere noch schneller als erstere, aber mehr als zwei Stunden lang ist keine Veränderung wahrzunehmen. Prof. Schmidt in Athen hat die Dauer des Lichtwechsels zu etwa $2\frac{1}{2}$ Tage bestimmt; es zeigte sich aber dabei, daß jede Periode um $0^m 08753 = 5^s 25$ größer ist als die vorhergehende. Als vorläufige Bestimmung der Zeit des Minimums giebt derselbe

1880 Dec. 7 $10^h 6^m 7$ Ath. Zeit + $2^d 11^h 50^m 812 . E$,

wobei E die Anzahl der verflossenen Perioden bedeutet. Dabei ist indessen die oben erwähnte stetige Vergrößerung der Periode noch nicht berücksichtigt.[1]) Zur Zeit des Minimums ist der Stern schwächer als 9. Größe, zur Zeit des Maximums unter 6. Größe. Bemerkenswerth ist noch, daß er nicht merklich gefärbt ist. Doch glaubte George Knott in Knowles Lodge, Cuckfield, Sussex, um die Zeit des Minimums eine schwache röthliche Färbung zu erkennen.[2]) Derselbe Beobachter entdeckte auch mit einem $7\frac{1}{3}$ zölligen Refractor bei 190facher Vergrößerung einen schwachen bläulichen Stern in ungefähr 10″ Abstand von dem veränderlichen Sterne.

Wahrscheinlich hat schon Schwerd in Speyer den Ceraski'schen veränderlichen Stern um die Zeit seines Maximums am 11. März 1828 und um die Zeit des Minimums am 12. Mai am Meridiankreise beobachtet. Er schätzte ihn das erste Mal 6,7 Größe, das zweite Mal 10. Größe.

Veränderliche Sterne am südlichen Himmel. In seiner „Uranometria Argentina“ hat Dr. Gould in

---

1) Astron. Nachr. Bd. 99. Nr. 2358, S. 87.
2) Dies. Bd. 98, Nr. 2346, S. 285.

Cordova, Argentinien, außer einer großen Anzahl weniger genau untersuchter auch die folgenden, von ihm nach Argelander's Weise mit dem Buchstaben R, S rc. bezeichneten veränderlichen Sterne aufgeführt, deren Veränderungen mit ziemlicher Sicherheit bekannt sind:[1])

Nr.	Namen	Rectasc. 1875			südl. Decl. 1875		Grenzen der Veränderlichkeit
1	R Sculptoris	1h	21m	13s	33°	11'5	5,8 — 7,7
2	R Eridani. . . .	4	49	42	16	37,2	5,4 — 6,0
3	S „	4	54	7	12	43,4	4¾ — 5¾
4	R Puppis	7	36	2	31	22,3	6,5 — 7,5
5	R Carinae . . .	9	29	6	62	14,2	4¾ — 10
6	R Velorum . . .	10	1	27	51	34,8	6,5 — 7,5
7	R Antliae. . . .	10	4	22	37	7,1	6,5 — 8
8	S Carinae. . . .	10	5	23	60	56,3	6¼ — 9
9	T „	10	50	18	59	51,2	6¼ — 6¾
10	R Muscae . . .	12	34	28	68	43,3	6,6 — 7,4
11	R Centauri . . .	14	7	35	59	19,8	6 — 10
12	R Triang.Austr.	15	8	37	68	2,1	6,6 — 7,5

1. R Sculptoris (Bildhauerwerkstatt), nach Gould „einer der am glänzendsten gefärbten Sterne am Himmel" von intensiv scharlachrother Farbe, die unverändert bei allem Lichtwechsel bleibt. Maxima anfang December 1872 und im Januar 1874, Periode etwa 207 Tage mit symmetrischer Lichtcurve.

2. Ein rother Stern, dessen Lichtwechsel selbstständig von mehreren Beobachtern erkannt worden ist.

3. 64 im Eridanus, nach Bessel 8. Größe, was Gould auf Rechnung von Wolken oder eines Druckfehlers setzen möchte.

4. R Puppis (Hintertheil des Schiffes Argo), dem bloßen Auge und auch dem mit einem Opernglas bewaffneten als einfacher Stern erscheinend, ist in Wahrheit ein Sternhaufen (Nr. 3094 von Herrschels Cap-Katalog). Ein einziger Stern ist heller als 8,5 Größe, und Gould vermuthet, daß die Aenderung der Lichtstärke nur von diesem Sterne herrührt.

5. R Carinae (Schiffskiel der Argo), Nr. 3932 von Lacaille's Katalog, am 3. März 1752 von ihm als 7. Größe bezeichnet. Von beständig rother Farbe. Als Intervalle zwischen den Maximis wurden 329, 306 und 323 Tage beobachtet, das Minimum scheint um mehr als die Hälfte der Periode nach dem Maximum zu liegen.

1) Nach Nature XXII, p. 454.

6. R **Velorum** (Segel der Argo), Lacaille's Nr. 4156.

7. R **Antliae** (Luftpumpe), Epochen des Maximums um 19. März 1872 und Mai 1872, des Minimums um 28. April 1873 und 14. Juni 1874.

8. Röthlich, Lacaille's Nr. 4189. Am 21. Mai 1874 6,3 Größe, im Mai 1877 8,4 Größe, das Gesetz des Lichtwechsels noch nicht bestimmt.

9. Lacaille's 4530, Periode noch unsicher.

10. R **Muscae** (Fliege), Periode ungefähr 21 1/3 Stunde, das Minium geht dem Maximum 9 Stunden voraus. Er ist wegen der außerordentlichen Kürze der Periode von besonderem Interesse.

11. Lichtcurve anscheinend unregelmäßig. Ein Maximum 6,1. Größe fand um 28. Juni 1878 und um 3. August 1879 statt, es scheinen aber auch noch secundäre Maxima und Minima zu existiren. Eine Periode von 525 Tagen mit einem Hauptmaximum am 18. August 1871 und secundären Maximis, die dem ersteren in 197 und 378 Tagen folgen, paßt zu den meisten Beobachtungen, ist aber unvereinbar mit Schätzungen des Sternes (6. Größe), die am 25. und 26. Juni 1874 am Meridiankreis gemacht wurden.

12. R im südlichen Dreieck, Periode 3 Tage 9 Stunden 35 Min., das Minimum etwa 48 Stunden vom Maximum. Entschiedene Maxima 14. Juli 1871 14 Uhr, 13. September 1871 um Mitternacht; Minima 12. Juli 1871 14 1/2 Uhr, 1. September 1871 8 1/2 Uhr.

Instrumente.

Das neue Aequatoreal der Wiener Sternwarte. — Die alte im Jahre 1755 gegründete und 1826—27 unter Joh. Joseph v. Littrows Leitung umgebaute Universitätssternwarte in Wien war im Laufe der Zeit derart von anderen Gebäuden umgeben worden, daß sie den gegenwärtigen Ansprüchen nicht mehr zu genügen vermochte und ihre Verlegung dringend wünschenswerth war. Nach wiederholten Bemühungen gelang es auch im Jahre 1873 dem damaligen Director, dem inzwischen verstorbenen Karl von Littrow, vom österreichischen Unterrichtsminister von Stremayr die Genehmigung zu einem Neubau auf dem höchsten Punkte der

Türkenschanze, etwa 5 Kilometer nördlich vom Centrum der Stadt, zu erlangen. Dort ist, umgeben von geräumigen Gartenanlagen, die neue Sternwarte in Form eines lateinischen Kreuzes erbaut worden, dessen längerer Arm nach Süden gerichtet ist und die Wohnung des Directors, die Bibliothek, Bureaus &c. enthält. In der Richtung von Nord nach Süd beträgt die Ausdehnung 330 Fuß, von Ost nach West 240 Fuß. Im Kreuzungspunkte befindet sich die große Drehkuppel von 45 Fuß Durchmesser, kleinere Drehkuppeln von 27 Fuß Durchmesser sind an den nach West, Nord und Ost gerichteten Armen angebracht. Die erstere ist zur Aufnahme des großen Aequatoreales bestimmt, von dem weiter unten die Rede sein soll. In dem nach Westen gehenden Arme des Kreuzes ist u. a. ein von der alten Sternwarte mit herüber genommener Meridiankreis aufgestellt, die westliche Kuppel aber birgt einen äquatoreal montirten 12zölligen Refractor von 16 Fuß Länge aus der berühmten Werkstatt von Alvan Clark und Söhne in Cambridgeport bei Boston.

Im nördlichen Flügel ist ein Passageinstrument im ersten Vertical — d. h. in einer von Ost nach West gehenden Verticalebene — aufgestellt, die an diesem Flügel stoßende Drehkuppel aber enthält einen nach neuen Principien montirten Kometensucher aus der Werkstatt von C. Schneider in Währing, von dem gleichfalls weiterhin die Rede sein wird. Im Ostflügel dagegen ist eine Sammlung älterer Instrumente aufgestellt, und in der östlichen Drehkuppel ein 6zölliger Fraunhofer'scher Refractor von 9 Fuß Länge, der das größte Fernrohr der alten Sternwarte und zur Zeit seiner Aufstellung im Jahre 1828 eines der mächtigsten Instrumente war.

Nachdem der Bau des neuen Observatoriums beschlossen war, erhielt der damalige erste Assistent und gegenwärtige Director der Wiener Sternwarte, Professor E. Weiß, den Auftrag zu einer Reise nach England und Nordamerika, um die dortigen Sternwarten zu besichtigen und die bedeutenderen optisch-mechanischen Werkstätten zu besuchen.[1]) In Folge der gewonnenen Anschauungen empfahl nun Weiß der österreichischen

---

1) Vgl. dessen Bericht „Ueber den Zustand der praktischen Astronomie in Amerika" in Carl's Repertorium X (1874), S. 1.

Regierung die Anschaffung eines Refractors von mindestens 26 Zoll (engl.) Objectivöffnung von Howard Grubb in Dublin, und daraufhin wurde 1875 der betreffende Contract zwischen der österreichischen Regierung und Grubb abgeschlossen. Die mechanischen Theile waren schon gegen Ende 1878 größtentheils vollendet, aber durch die Schwierigkeiten, welche sich der Pariser Firma Feil in Beschaffung der Glasplatten für das Objectiv, das 27 Zoll engl. (= 68,6 Centim.) Durchmesser hat, entgegenstellten, wurde die Vollendung des Ganzen sehr verzögert. Erst am Ende des Jahres 1879 kamen Platten nach Dublin, die im Grubb'schen Etablissement bearbeitet wurden und sich völlig brauchbar erwiesen.

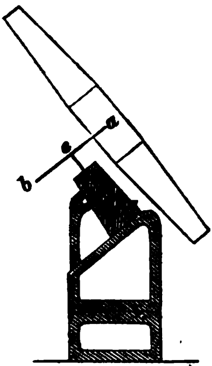
Das Charakteristische der äquatorealen Aufstellung eines Fernrohres besteht bekanntlich darin, daß dasselbe um zwei Achsen drehbar ist, von denen die eine, die Polarachse oder Rectascensionsachse parallel zur Weltachse, die andere dagegen, die Declinationsachse, senkrecht zur ersten steht. Ist nun das Fernrohr in einem bestimmten Augenblicke auf einen Stern eingestellt, und wird das Instrument durch ein nach Sternzeit gehendes Uhrwerk um die Polarachse gedreht, so bleibt der Stern beständig in der Mitte des Gesichtsfeldes.

In der Montirung der Aequatoreale unterscheidet man zwei Arten: die englische und die deutsche. Bei der ersteren ist die Polarachse an beiden Enden gestützt und in ihrer Mitte sind die Lager für die fest mit dem Tubus verbundene Declinationsachse angebracht. Nach diesem Systeme sind u. a. das große Greenwicher Aequatoreal und Spiegelteleskope in Paris und Melbourne aufgestellt. Wenn auch dieses System auf der einen Seite große Stabilität besitzt, so hat es andererseits den großen Nachtheil, daß in gewissen Lagen des Fernrohrs das Gesichtsfeld durch die obern Widerlager der Polarachse verdeckt wird.

Dieser Uebelstand wird vermieden bei der von Fraunhofer herrührenden deutschen Aufstellung, die mit verschiedenen Modificationen jetzt die gebräuchlichste ist. Bei diesem System geht die Polarachse noch über den oberen Träger hinaus und an dieser Verlängerung ist die Declinationsachse angebracht. Eine Modification dieses Systemes hat Grubb bei dem Wiener Aequatoreale in Anwendung gebracht, vergleiche die Skizze

Fig. 3, in welcher cd die Polarachse, ab aber die Declinationsachse ist, an welcher bei a das Fernrohr, bei b aber ein Gegengewicht angebracht ist. Von der gewöhnlichen Form der deutschen Montirung weicht die Grubb'sche Anordnung darin ab, daß das Centrum der Bewegung, das ist der Schnittpunkt der Polar- und der Declinationsachse, nicht in die verticale Mittellinie des Montirungspfeilers fällt, sondern nahe an die Nordseite des letzteren. Es geschah dies, um das Aequatoreal circumpolar zu machen, d. h. um die Verfolgung eines dem Pole nahestehenden Sternes in allen Stundenwinkeln zu gestatten, ohne daß das Ocularende des Tubus an den Montirungspfeiler stößt und man also genöthigt wäre, das Instrument zu reversiren, d. h. das Rohr auf die andere Seite des Pfeilers zu bringen. Es bringt diese Aenderung noch einen andern Vortheil mit sich, daß man nämlich fast jedes Object in zwei verschiedenen Lagen des Teleskopes beobachten kann. Bei Beobachtungen in der Nähe des Meridians kann nämlich dasselbe auf der Ost- wie auf der Westseite stehen, und bei Beobachtungen im Westen oder Osten mag es ober-, oder unterhalb der Achse benutzt werden.

Fig. 3.



Es ist nicht möglich, an dieser Stelle eine eingehende Beschreibung dieses Instrumentes, des größten zur Zeit existirenden Refractors, zu geben und wir müssen in dieser Hinsicht auf eine Reihe von Artikeln in der „Central-Zeitung für Optik und Mechanik" verweisen [1]) und uns hier damit begnügen, einige Eigenthümlichkeiten der Grubb'schen Construction zu besprechen.

Zunächst sei die Art erwähnt, wie die Achsen gelagert sind, um ein Maximum der Stabilität bei einem Minimum der Reibung zu sichern. Die Achsen sind von Gußeisen, hohl und von großem Durchmesser. Sie werden von ausgedrehten

1) Jahrg. 1880, Nr. 10, 12, 14; Jahrg. 1881, Nr. 1, 4, 7.

Blöcken von hartem Kanonenmetall getragen. Dieselben sind bei der Polarachse um 90° versetzt, und zwar um 45° zu jeder Seite des niedrigsten Punktes des Lagers, so daß diese Achse in einem Lager mit nur theilweis ausgeführten Pfannen liegt. Dadurch ist eine große Accuratesse in der Bewegung gesichert und um die Reibung unschädlich zu machen, sind Antifrictionsrollen angebracht, welche 19/20 des auf den Lagern lastenden Druckes aufnehmen. Für die Lagerung der Declinationsachse sind die Blöcke um 120° versetzt angeordnet. Hier ist es im Allgemeinen schwerer, die Reibung in den Achsenlagern aufzuheben, als bei der Polarachse, weil hier die Lage der Schwerlinie zu den Achsenlagern mit dem Stundenwinkel variirt, und deshalb haben viele Constructeure die Zurückführung der Reibung auf ein geringes Maß entweder auf Kosten der Stabilität des Instrumentes durch Verminderung des Durchmessers der Declinationsachse, oder unter Gefährdung der Genauigkeit der Bewegung durch alleinige Lagerung der Achse auf Rollenlager ohne Anwendung von Lagerblöcken zu erreichen gesucht.

Der Tubus des Instrumentes ist 33½ Fuß engl. (10,21 Meter) lang, und sein Durchmesser nimmt von 36½ Zoll (92,7 Centim.) in der Mitte bis auf 27 Zoll (68,6 Centim.) am Objectivende und 12 Zoll (30,5 Centim.) am Ocularende ab. Er ist ganz aus Stahlplatten zusammengesetzt, die in der Mitte eine Stärke von 3,2 Millim., an den Enden aber nur eine solche von 2,1 Millim. besitzen. In den Stoßfugen sind sie über einander gelegt und durch zwei Reihen Nieten verbunden. In dem Tubus sind ferner in Abständen von je 0,6 Meter Diaphragmen aus Stahlblech angebracht, die mit den Außenwänden vernietet sind und zur Querversteifung des Rohres dienen. Außerdem ist noch für eine solide Längsversteifung Sorge getragen durch ein System von Längsrippen aus Stahlblech, welche durch die Diaphragmen hindurchgehen. Zu dem Zwecke haben die letzteren außer der centralen runden Mittelöffnung zur Durchlassung des Lichtkegels noch vier Ausschnitte an den Seiten, die aber etwas größer sind, als zum Durchgang der Längsrippen allein nöthig wäre. Grubb hat diese Anordnung getroffen, damit die Luftströmungen, welche durch den Temperaturwechsel im Innern des Tubus entstehen, nicht

auf den centralen, für den Lichtkegel bestimmten Raum beschränkt sind und daher weniger störend wirken.

Von besonderem Interesse ist die Vorrichtung für die Ablesungen am Rectascensions- und Declinationskreise. Bei dem größten bisher existirenden Refractor, dem 26zölligen Clark-schen Teleskop der Sternwarte in Washington, muß jedesmal, wenn eine Ablesung gemacht werden soll, ein Assistent einige 20 Fuß auf einer Treppe empor auf eine kleine Plattform steigen und dort mit Benutzung einer Handlampe die Ablesung vornehmen. Bei dem neuen Grubb'schen Refractor aber kann der Beobachter selbst, während er vorm Ocular im Beobachtungsstuhl sitzen bleibt, die Ablesungen an beiden Kreisen machen. Die Beleuchtung erfolgt dabei durch eine am Ende der Declinationsachse angebrachte Gaslampe. Zur Ablesung selbst dient ein langes Ablesefernrohr, welches den conischen Theil des Haupttubus durchsetzt und mit einem Prisma verbunden ist, welches der hohlen Declinationsachse, deren Inneres mit dem Tubus communicirt, gegenübersteht. Durch eine Drehung dieses Ablesefernrohres um seine Achse, wodurch auch das Prisma mit gedreht wird, kann man nun nach Belieben durch die hohle Declinationsachse oder durch ein Paar Löcher im Halse der Declinationskreise hindurchsehen. Im ersten Falle erblickt man durch Vermittelung noch einiger Prismen den Nonius des rechtwinklig auf der Polarachse sitzenden Rectascensionskreises, im letzteren Falle dagegen den Nonius des Declinationskreises, der rechtwinklig auf der Declinationsachse sitzt. Im letzteren Falle ist der Weg vom Nonius bis zum Objectiv des Ablesefernrohres bedeutend kleiner als im ersten; damit man nun an beiden Nonien mit derselben Einstellung des Fernrohres scharf ablesen kann, wird durch ein eingeschaltetes Objectiv ein Luftbild vor dem Rectascensionskreise entworfen, dessen Entfernung gehörig bestimmt ist.

Das Gewicht aller beweglichen Theile des Instrumentes beträgt zwischen 6 und 7 Tonnen (zu 20 Centner); gleichwohl erfordert aber die Bewegung nicht mehr als die Muskelkraft eines Armes. Die Bewegung des Tubus in Rectascension und Declination kann für gewöhnlich durch den Beobachter erfolgen, der auf einen eigens eingerichteten, verschiebbaren Beobachtungsstuhl vor dem Ocularende des Instrumentes sitzt.

Da es aber Positionen giebt, in denen der Beobachter diese Bewegungen nicht wohl selbst ausführen kann, so ist dafür Sorge getragen, daß dieselben zum Theil auch von einem Assistenten vorgenommen werden können. Insbesondere gilt dies von der schnellen Bewegung in Rectascension, wenn es sich darum handelt, das Fernrohr auf ein Object einzustellen. Bei einem kleinern Instrumente, wo der Beobachter vom Boden aus das Ocular erreicht, hat es keine Schwierigkeit, diese Einstellung mit Hülfe des kleinen, mit dem Hauptteleskope parallelen Rohres, des sogenannten Suchers, zu bewerkstelligen. Bei einem Instrumente, von den Dimensionen des Wiener Refractors würde aber ein mehrmaliges Absteigen des Beobachters vom Beobachtungsstuhl und versuchsweises Einstellen von Tubus und Beobachtungsstuhl, dann allemal ein Wiederaufsteigen und Beobachten nöthig sein, um diese Einstellung zu bewirken. Es ist daher eine Vorkehrung getroffen, daß der Assistent vom Fußboden aus das Instrument in Rectascension einstellen kann. Derselbe hat seinen Platz am Südende des Pfeilers, auf dem das Instrument steht; dort hat er vor sich sein Schreibpult und auf der Südfläche des Pfeilers ein siderisches Zifferblatt. Ferner befindet sich daselbst ein Ablesefernrohr, durch das er den am untern Ende der Polarachse befindlichen Rectascensionskreis ablesen kann, und ein Handrad, durch welches die Bewegung erfolgt.

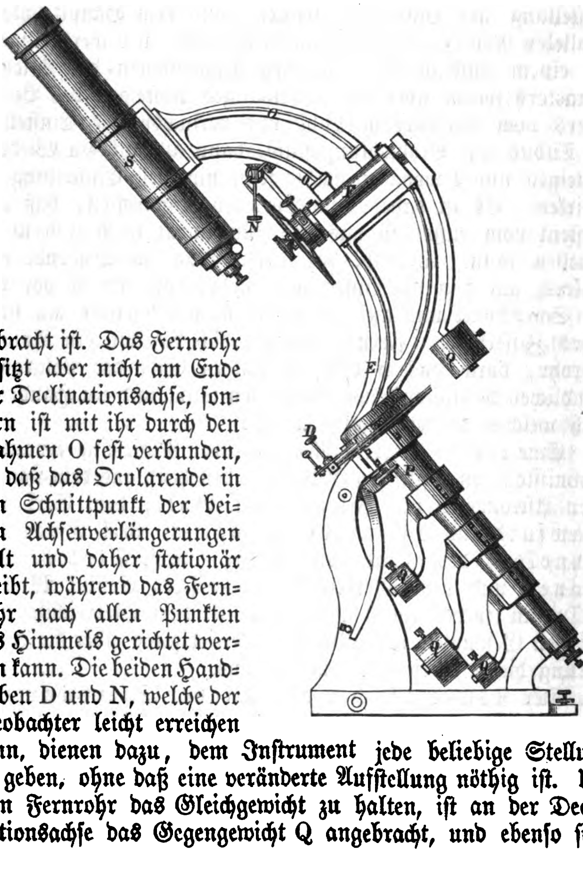
Eine von der österreichisch-ungarischen Regierung ernannte Commission von englischen Gelehrten, bestehend aus dem Königlichen Astronomen von Irland, Prof. Ball, dem Earl von Crawfurd und Balcarres, Huggins, Prof. Emerson Reynolds, dem Earl von Rosse, Prof. Stokes, Dr. Stoney und dem österreichisch-ungarischen Consul Walsh in Dublin sprach am 16. März d. J. dem österreichisch-ungarischen Gesandten ihre allseitige Befriedigung über die Ausführung dieses Rieseninstrumentes aus.

Der Kometensucher der Wiener Sternwarte.[1]) Dieses, wie oben erwähnt, in der nördlichen Drehkuppel der Sternwarte aufgestellte Instrument besteht aus einem äquatoreal montirten Fernrohr von 6 Zoll Oeffnung und 4 1/2 Fuß

1) Carl's Repertor. f. Experimental-Physik. XVII (1880), S. 681.

Brennweite. Das äußere Arrangement weicht indessen beträchtlich von dem eines gewöhnlichen Aequatoreales ab, und zwar zu dem Zwecke, das Ocularende des Fernrohres bei der Bewegung des letzteren immer an derselben Stelle zu erhalten. In beistehender Fig. 4 bedeutet P die Polarachse, an deren obern Ende die Declinationsachse F in dem Rahmen E an-

Fig. 4.



gebracht ist. Das Fernrohr S sitzt aber nicht am Ende der Declinationsachse, sondern ist mit ihr durch den Rahmen O fest verbunden, so daß das Ocularende in den Schnittpunkt der beiden Achsenverlängerungen fällt und daher stationär bleibt, während das Fernrohr nach allen Punkten des Himmels gerichtet werden kann. Die beiden Handhaben D und N, welche der Beobachter leicht erreichen kann, dienen dazu, dem Instrument jede beliebige Stellung zu geben, ohne daß eine veränderte Aufstellung nöthig ist. Um dem Fernrohr das Gleichgewicht zu halten, ist an der Declinationsachse das Gegengewicht Q angebracht, und ebenso sind

an der Polarachse Gegengewichte Q gegen den Ueberschuß des Druckes auf der andern Seite angebracht.

Der Constructeur dieses Instrumentes, C. Schneider in Währing, hat den Vorschlag gemacht, auch größere Teleskope bis zu 40 Fuß Länge auf diese Art zu montiren.

Bemerkt werden mag noch, daß die Drehkuppel, unter der dieses Instrument steht, nicht mit einem aufziehbaren Spalt versehen ist, sondern daß sich ein Theil derselben über den andern schieben läßt, so daß dadurch $1/6$ des ganzen Himmels frei wird.

Rotirender Spectralapparat. — Zur photographischen Fixirung der Chromosphäre und der Protuberanzen der Sonne bediente sich Dr. O. Lohse in Potsdam bei einigen im Jahre 1874 angestellten Versuchen eines absorbirenden Mediums, das dicht vor die lichtempfindliche Platte gebracht wurde. Er erhielt damals schon rings um die überexponirte Sonnenscheibe einen dunkeln Ring, der auch Janssen bei seinen neueren photographischen Untersuchungen aufgefallen ist[1]) und den man für ein Abbild der Chromosphäre zu halten versucht ist. Bei spätern Versuchen im Sommer 1878 ließ Lohse das Sonnenbild direct ohne Dazwischentritt eines absorbirenden Mediums auf eine Schicht von reinem Jodsilber fallen, welches bekanntlich bei verhältnißmäßig kurzer Exposition fast ausschließlich für die mit der Protuberanzlinie H_γ (Wasserstoff) zusammenfallende Farbe empfindlich ist. Der dunkle Ring wurde auch diesmal erhalten, ohne daß man darüber Sicherheit gewann, ob derselbe eine Wirkung des Chromosphärenlichts oder eine Irradationserscheinung war. Da dieser Weg bezüglich der Fixirung der lichtschwächeren Substanzen wenig Aussicht bot, so construirte Lohse im Frühjahr 1880 einen Spectralapparat nach einem im Wesentlichen schon von C. Braun angegebenen Princip.[2]) Es wird nämlich das Bild der Chromosphäre aus einer Reihe von Spaltbildern zusammengesetzt, indem man dem Apparate bei feststehender photographischer Kammer eine gleichförmige Bewegung ertheilt. Lohse wählte, abweichend von Braun, keine geradlinige Be-

1) Comptes rendus, Vol. 91, p. 12.

2) „Ueber directe Photographirung der Sonnenprotuberanzen." Astron. Nachrichten, Bd. 80, Nr. 1899.

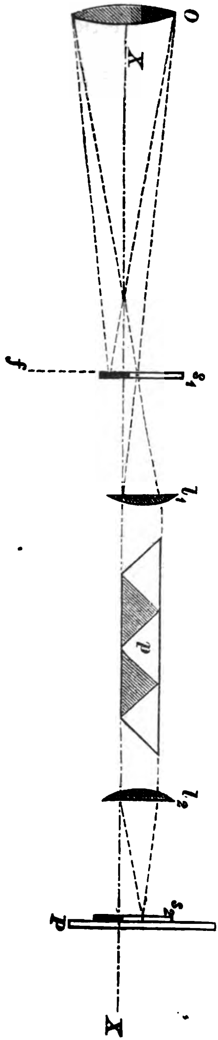


Fig. 5.

wegung, bei welcher das Bild aus einzelnen parallelen Spaltbildern zusammengesetzt wird, sondern eine Kreisbewegung, so daß der im Brennpunkte des Fernrohres befindliche Spalt, während der Apparat gedreht wird, stets nach dem Centrum des Sonnenbildes gerichtet bleibt.

Die beistehende Skizze Fig. 5 zeigt die allgemeine Anordnung des Apparates. O ist das Objectiv eines größeren Fernrohrs, das in der Focalebene f der violetten Strahlen ein Sonnenbild von beispielsweise 50 Millim. Durchmesser entwirft, welches von einer geschwärzten Metallscheibe aufgefangen wird, in welche eine glänzende Kreislinie eingerissen ist, die in die optische Achse des Fernrohrs fällt. In diese Kreislinie wird das Sonnenbild concentrisch eingestellt und bleibt so während der Drehung des Apparates um die Linie XX. Die Metallscheibe enthält vor dem ersten radialen Spalte s_1 einen kleinen Ausschnitt, welcher in radialer Richtung durch einen Schieber so weit reducirt werden kann, daß der centrale Theil der Sonne ganz abgeblendet wird und außer der Chromosphäre nur ein ganz schmaler Randtheil der Sonne sein Licht in den Apparat sendet. Das vom Spalte s_1 kommende Licht wird dann von der planconvexen Linse l_1 parallel gerichtet, geht hierauf durch den für violette Strahlen geraddurchsichtigen Prismensatz p und darauf durch die Linse l_2 von derselben Brennweite wie l_1, die in ihrem Focus ein Bild des Spectrums des Son=

nenrandes und seiner Umgebung erzeugt. Von diesem Spectrum wird nun durch einen beweglichen Spalt s_2 das schmale, der violetten Wasserstofflinie H_γ entsprechende Stück herausgeblendet. Dicht hinter s_2 befindet sich in fester Verbindung mit dem Fernrohr die lichtempfindliche Platte P. Die fest mit einander verbundenen Theile s_1, l_1, p, l_2, s_2 werden nun, wenn der Apparat in Thätigkeit ist, mit gleichförmiger Geschwindigkeit um die Achse XX gedreht, wobei der mit einem schmalen Lederstreifen versehene Spalt s_2 direct auf der lichtempfindlichen trockenen Gelatineplatte schleift. Auf dieser wird ein Bild des Sonnenrandes erhalten, bei dem aber die Protuberanzen nach dem Centrum zu liegen, statt nach außen. Es hat dies den kleinen Vortheil, daß das Bild der lichtschwächeren Chromosphäre auf einen engeren Raum zusammengedrängt wird, als das des hellen Sonnenrandes.

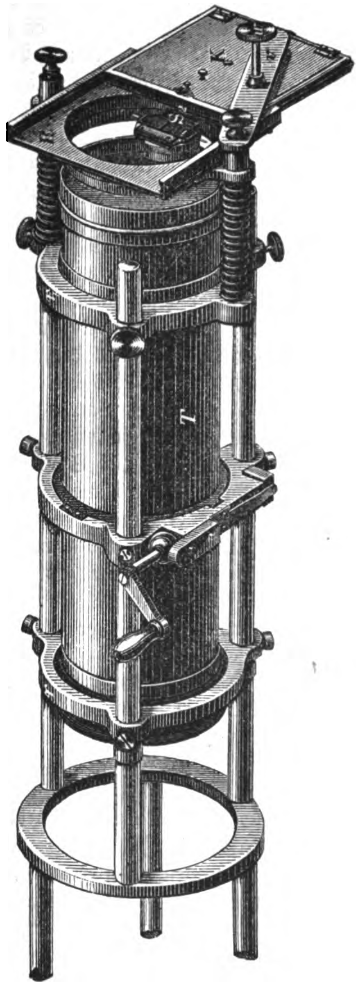


Fig. 6.

Fig. 6 giebt ein Bild des in seinen Dimensionen dem großen

Refractor des astrophysikalischen Observatoriums bei Potsdam angepaßten Instrumentes, wie es aus der mechanischen Werkstatt von Fr. Schmidt & Hänsch in Berlin hervorgegangen. Innerhalb dreier cylindrischer Eisenstäbe, welche die Verbindung mit dem Fernrohr vermitteln, bewegt sich in den Ringen r_1 und r_2 die Trommel T, welche die beiden Spalte, die zwei Linsen und den Prismenkörper enthält. In der Figur ist nur die zweite, mit S_2 bezeichnete Spaltvorrichtung erkennbar, die mit Zahn und Trieb heraus- und hineingeschoben werden kann. Die photographische Kassette K wird in den Rahmen R geschoben, dessen cylindrischer Ansatz lichtdicht in die Trommel T paßt. Bevor bei einer Aufnahme der Schieber der Kassette geöffnet wird, muß der Rahmen R sammt Kassette mit Hilfe des wegdrehbaren Riegels v und der Schraube w gegen die Trommel hin bewegt werden, bis die gewünschte Entfernung zwischen der Linse l_2 und der empfindlichen Platte erreicht und das Ganze lichtdicht abgeschlossen ist; dann wird der Kassettenschieber geöffnet und der Spalt S_2 mittels Triebbewegung an die empfindliche Oberfläche gerückt. Nachdem dies geschehen und die Sonne eingestellt, so wird die mit einem Zahnkranze versehene Trommel in Rotation versetzt. Bei dem abgebildeten Apparate dienen dazu eine Schraube ohne Ende und eine mit der Hand zu bewegende Kurbel. Vortheilhafter dürfte ein kleines Uhrwerk sein, welches eine gleichmäßigere Rotation bewirkt.

Für Ocularbeobachtungen könnte das Instrument einfacher und in kleinerem Maßstabe hergestellt werden. Die Drehung des Apparates könnte einfach mittels zweier Handhaben bewirkt werden.

Spectroskop zur Beobachtung lichtschwacher Nebel und Kometen.[1]) Im Jahre 1874 hat Zöllner ein Ocular-Spectroskop beschrieben, welches sich wegen seiner Lichtstärke, compendiösen Form und der Leichtigkeit, es mit dem Ocular eines jeden Fernrohres zu verbinden, zur spectroskopischen Untersuchung von Fixsternen besonders eignet. Doch lassen sich mit ihm keine Messungen ausführen und für ausgedehntere Objecte, wie Nebel und Kometen, ist es nicht verwendbar.

1) Zeitschrift für Instrumentenkunde. Febr. 1881. S. 47.

Diese Mängel werden indessen beseitigt durch eine einfache, von Vogel angegebene Vorrichtung, die wir nachstehend beschreiben. In der Hülse eines nicht zu stark vergrößernden Fernrohres (vgl. Fig. 7 und 8) ist ein Ring m eingesetzt, auf welchem ein schmaler Steg befestigt ist, der in der Mitte die mittels einer feinen Schraube T beweglichen Spaltbacken trägt. Das Ocular läßt sich durch Hin- und Herdrehung der Hülse so bewegen, daß der mittels der Schraube T beliebig zu verengende Spalt völlig scharf erscheint. Da dieser Spalt nur einen kleinen Theil des Gesichtsfeldes einnimmt, so kann das Object immer noch leicht aufgesucht und auch leicht in den Spalt gestellt werden. Im Falle, daß dasselbe eine Ausdehnung besitzt, wird der größere Theil durch die Spaltbacken verdeckt, und es bleibt zwischen diesen nur eine feine Lichtlinie übrig, die sich nun leicht durch den kleinen Prismensatz des Ocular-Spectroskopes betrachten läßt. Die Cylinderlinse, welche das Zöllner'sche Instrument außerdem noch besitzt, wird bei Anwendung der Vogel'schen Vorrichtung abgenommen. Da die brechenden Kanten der Prismen parallel zum Spalt sein müssen, so ist es zweckmäßig, das Spectroskop nicht aufzustecken, sondern durch eine seitliche Achse x (Fig. 8) mit dem Fernrohr zu verbinden, so daß es weggedreht werden kann, wenn man das Fernrohr ohne Spalt benutzen will.

Fig. 7.

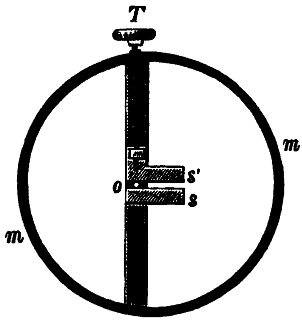
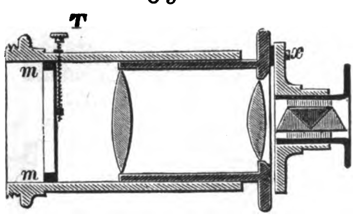
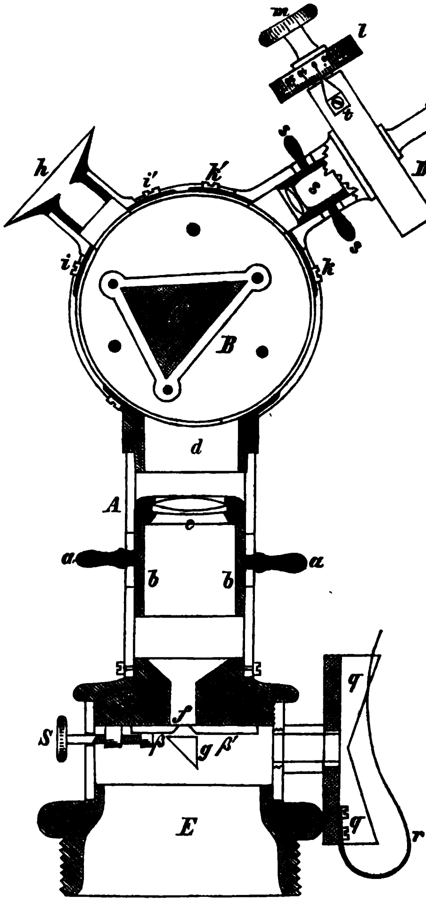


Fig. 8.



Um Messungen ausführen zu können, ist in dem Stege bei o ein Loch angebracht, hinter welchem sich ein kleines Prisma befindet. Diesem gegenüber ist in der Hülse eine

Fig. 9.



Oeffnung, durch welche das Licht einer außerhalb befestigten Geißler'schen Röhre auf das Reflexionsprisma fällt und durch o nach dem Prismensatz geht. Man erhält daher neben dem Sternspectrum zur Vergleichung noch das Spectrum der Röhre.

Vogel hat mit diesem von Fr. Schmidt & Hänsch in Berlin gefertigten Instrumente schon über 100 schwache Nebel untersucht.

Ein kleines Universalspectroskop, zur Beobachtung des brechbaren Theiles der Fixsternspectra, hat Dr. von Konkoly in O'Gyalla für seine Sternwarte construirt. Dasselbe ist in Fig. 9 in $1/3$ natürlicher Größe dargestellt.[1]

E ist ein Messingring, der an den Ocularauszug des Fernrohrs angeschraubt wird; mit E ist durch einen Verbindungsstutzen der zweite Ring ee verschraubt, welcher die beiden Spaltbacken β und β' trägt, von denen β durch die Schraube S beweglich, β' aber fest ist. Vor dem Spalt f steht das Vergleichsprisma g, dem gegenüber sich eine Oeffnung befindet, durch welcher das Licht einer durch die Feder r am Gestell qq festgehaltenen Geißler'schen Röhre in das Spectroskop gelangt, um ein Spectrum zur Vergleichung mit dem zu prüfenden Sternspectrum zu geben. An ee ist das Kollimatorrohr A mit dem an den Handhaben aa verschiebbaren Rohre bb angeschraubt. Letzteres enthält die achromatische Kollimatorlinse c, welche soweit verschoben wird, daß der Spalt f genau im Brennpunkt steht, wodurch dann die Strahlen parallel aus der Linse treten. Das Rohr A ist in dem Messingstutzen d verschraubt, an welchem in gleicher Weise die das Prisma C umschließende Messingkapsel B befestigt ist. An dieser Kapsel sind das Oculardiaphragma h und das Schraubenmikrometer D befestigt. Das Prisma besteht aus Kalkspath und steht auf einem kleinen Tischchen, dessen Zapfen nach außen hin verlängert ist und hier einen Hebel trägt, mit dessen Hilfe man das Prisma beliebig stellen kann.

Ein Fernrohr besitzt der Apparat nicht; doch wird bei Beobachtung von Fixsternen an die Stelle des Diaphragmas h eine Cylinderlinse gesetzt.

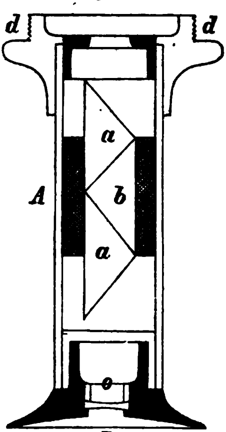
Der Stutzen d, das Rohr des Mikrometers und das Oculardiaphragma sind auf drei Segmenten eines mit der Kapsel B zusammengeschliffenen weiteren Rohres mit je vier Schrauben befestigt; von ihnen haben die Schrauben ii' und kk', welche zur Befestigung des Diaphragmas und des Mikro-

1) Centralztg. f. Optik u. Mechanik, Jahrg. 1881, Nr. 10, S. 112.

meters dienen, eine längliche Oeffnung, um eine geringe Verschiebung von h und D zu gestatten.

Dem Apparate sind noch ein Flintglasprisma mit einem brechenden Winkel von 60°, sowie ein kleines Zöllner'sches Spectroskop beigegeben. Letzteres, in Fig. 10 dargestellt, wird beim Gebrauch mit dem Gewinde d statt des Oculars an das Instrument geschraubt.

Fig. 10.



Um Fixsterne zu beobachten, schraubt man den Ring d, Fig. 9, von dem Rohr A ab und setzt ihn direct an den Ocularauszug des Fernrohrs; außerdem schiebt man noch eine Cylinderlinse in h. Letztere deformirt den hellen Strich des Mikrometers in keiner Weise.

Dr. von Konkoly hat diesen Apparat mit Vortheil zur Beobachtung des Hartwig'schen Kometen am 30. September und in den ersten Octobertagen 1880 benutzt. Derselbe ist von der optischen Anstalt von Karl Fritsch in Wien (VI, Gumpendorfer Str. 31) zu beziehen.

Glan's Spectroteleskop.[1]) Das gewöhnliche Verfahren bei der spectroskopischen Beobachtung der Sonne besteht darin, daß man mit dem Objectiv des Fernrohrs ein Bild der Sonne auf den Spalt eines Spectralapparates entwirft und einen kleinen Theil von dem Spectrum des auf den Spalt fallenden Theiles des Sonnenrandes beobachtet. Dabei übersieht man aber auch bei Apparaten mit starker Dispersion und möglichst erweitertem Spalte nur einen kleinen Theil der Sonne auf einmal. Deshalb hat Dr. P. Glan, Privatdocent in Berlin, eine Beobachtungsmethode beschrieben, welche gestattet, erheblich größere Theile der Sonne auf einmal im homogenen Licht zu beobachten, und die vor Allem die Benutzung des Fernrohrs in der gewöhnlichen Weise mit Fadenkreuz und Ocular gestattet.

1) Astron. Nachr. Bd. 97, Nr. 2309, S. 65.

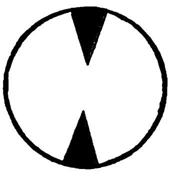
Glan schraubt zu dem Zwecke auf das Ocular eines Fernrohrs ein kleines Spectroskop mit gerader Durchsicht nebst Kollimatorrohr und Beobachtungsfernrohr. In dem letzteren befindet sich an der Stelle, an welcher das Spectrum entworfen wird, eine verschiebbare Blendung mit spaltförmigem Ausschnitt. Das Spectroskop wird so eingestellt, daß die Fraunhofer'schen Linien mit den Rändern der Blendung zugleich deutlich gesehen werden können. Das Ocular des Spectroskops wird abgeschraubt und das Auge unmittelbar hinter den spaltförmigen Ausschnitt der Ocularblendung gehalten, nachdem derselbe ebenso wie der Spalt am Kollimatorrohr auf etwa 73 Millim. erweitert worden ist; hierauf wird das Ocular das Fernrohrs mit angeschraubtem Spectroskop so lange verschoben, bis das Bild der Sonne deutlich erscheint. Von dem durch das Objectiv des Fernrohrs entworfenen Sonnenbilde wird hierbei von dem Ocular des Fernrohrs und der Kollimatorlinse des Spectroskopes ein zweites Bild entworfen, welches bei dem Glan'schen Apparate unmittelbar vor den Prismenkörper fällt; dieses Bild wird nun durch die als Lupe wirkende Objectivlinse des Beobachtungsfernrohrs vergrößert beobachtet, und zwar in der Farbe, welche der Ausschnitt der Ocularblendung von dem Spectrum des Spaltes am Kollimatorrohr durchläßt. Glan benutzte hierbei ein terrestrisches Fernrohr von Schmidt & Hänsch von 50 Millim. Oeffnung und konnte fast die Hälfte der Sonne auf einmal in homogenem Licht übersehen. Mit bloßem Auge beobachtet, erschien dabei die Sonne in fast allen Theilen des Spectrums, mit Ausnahme des rothen, weiß, in Uebereinstimmung mit der Erfahrung, daß alle Farben bei hinlänglich großer Helligkeit den Eindruck des Weiß machen. Das Bild war hierbei an den Stellen des Randes senkrecht zum Spalt in einer Ausdehnung von etwa 40° beiderseits völlig scharf begrenzt, in den übrigen Theilen des Sonnenrandes aber weniger scharf. Doch hofft Glan, diese geringe übrig bleibende seitliche Zerstreuung bei weiterer Vervollkommnung des Apparates noch beseitigen zu können. Uebrigens ist jeder Theil des Sonnenrandes in vollkommener Schärfe sichtbar, wenn man nur das Spectroskop so dreht, daß sein Spalt senkrecht zu der zu beobachtenden Stelle ist. Glan macht darauf aufmerksam, daß eine

solche Stellung des Spaltes beispielsweise zur Beobachtung des Eintritts eines Planeten in die Sonne von Vortheil sein könnte.

Messung der Spectrallinien in lichtschwachen Spectren. 1) Zu derartigen Messungen bedarf es einer Marke, welche auf die Linien des Spectrums eingestellt wird. Als solche kann der Kreuzungspunkt zweier Fäden in Form eines Andreaskreuzes mit Vortheil verwendet werden; die Linien halbiren den etwa 50° betragenden Winkel dieses Kreuzes. Fäden, die parallel zu den Linien sind, sind zu feineren Messungen ganz unbrauchbar.

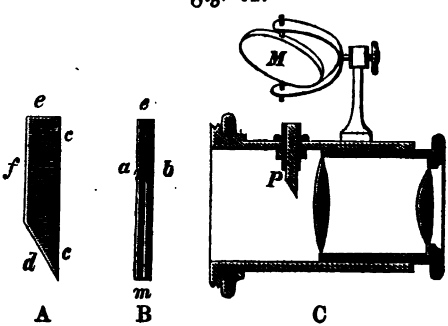
Fast ebenso genaue Resultate erhält man, wie Professor H. C. Vogel vom astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam auf Grund langjähriger Erfahrung angiebt, mit einer oder mit zwei einander gegenüberstehenden Spitzen, die eine breite Basis haben, scharfkantig und nach dem Ocular hin eben begrenzt sind. Dieselben gestatten auch bei sehr großer Lichtschwäche des Spectrums noch eine genaue Einstellung (vgl. Fig. 11.)

Fig. 11.



Bei ganz schwachen Spectren hat Vogel eine nach seinen Angaben vom Mechaniker A. Hilger in London ausgeführte Vorrichtung sehr brauchbar gefunden. Sie besteht aus einem schmalen Glasprisma, welches Fig. 12, A von der Seite und B von oben zeigt; die Flächen a, b und f sind matt geschliffen und geschwärzt, c ist versilbert, und in die Versilberung ist eine feine Linie eingerissen. Fällt nun Licht auf e, so dringt dasselbe in das Prisma, wird von der Fläche d reflectirt und erleuchtet die feine

Fig. 12.



1) Zeitschr. für Instrumentenkunde, Jan. 1881, S. 21.

Linie mm., Bei C ist die Art und Weise ersichtlich, wie dieses Prisma P in dem vordern Theil des Beobachtungsfernrohrs angebracht ist. Die Lichtlinie reicht bis in die Mitte des Gesichtsfeldes. M ist ein Spiegel, der das Licht einer Lampe in das Prisma wirft. Uebrigens ist der Apparat so eingerichtet, daß man das Prisma auch mit einer dunkeln Metallspitze vertauschen kann.

Gute Dienste leisten auch, wie Vogel gefunden hat, die jetzt in den Handel kommenden, phosphorescirenden Substanzen. Er ließ die oben erwähnten Spitzen (Fig. 12) aus Glas herstellen und belegte sie auf der Rückseite mit der phosphorescirenden Substanz. Wurden sie dann vorm Einsetzen in das Instrument belichtet, so erschienen sie im hellen Theile des Spectrums dunkel, weil die phosphorescirende Schicht undurchsichtig ist; bewegte man aber das Fernrohr auf weniger leuchtende Theile des Spectrums, so erschienen die Spitzen in dem Maße heller, als die Intensität des Spectrums abnahm. Man könnte auch die auf der Rückfläche mit phosphorescirender Substanz belegten Glasplättchen auf der Vorderseite versilbern und in die Versilberung eine feine Linie einreißen, die dann als feine Lichtlinie erscheint. Auf solche Weise läßt sich auch eine nachleuchtende Scala im Innern des Fernrohrs herstellen.

Interferenzgitter für Spectralapparate.[1]) — Wegen ihrer geringen Dimensionen und der Möglichkeit durch Uebergang zu Spectren höherer oder niederer Ordnung die Dispersion zu variiren, ist die Verwendung von Interferenzgittern statt der Prismensätze für Spectralapparate sehr vortheilhaft. Wenn dieselben dessen ungeachtet nur wenig Anwendung finden, so liegt der Grund nicht sowohl in der geringen Lichtstärke der Gitterspectra, als in dem hohen Preise guter Gitter. Bis vor kurzem war Nobert der einzige, der brauchbare Interferenzgitter herstellte. In neuerer Zeit hat aber Rutherford in Amerika Theilungen auf Metallspiegeln ausgeführt, welche die Nobert'schen Glastheilungen an Feinheit und Genauigkeit noch übertreffen. Solche Theilungen auf Metalloberflächen besitzen vor den auf Glas hergestellten nicht unbedeutende Vorzüge: die durch Reflexion von den ersteren

1) Zeitschrift für Instrumentenkunde, Febr. 1881, S. 49.

erzeugten Spectren sind lichtstärker als die beim Durchgang durch die letzteren entstehenden; ferner ist bei den ersteren nur eine ebene Fläche herzustellen, während bei den letzteren zwei nöthig sind, welche überdies möglichst parallel sein müssen; endlich fallen bei ersteren die bei Beobachtung der Spectren höherer Ordnung sehr störenden Reflexe von der Rückfläche weg.

Prof. Vogel hat nun neuerdings die Aufmerksamkeit auf die von Herrn Wanschaff gelieferten feinen Theilungen auf Glas und Metall gelenkt, von denen er 5 Glastheilungen,

mit	23500	Linien	in	etwa	0,001	Millimeter	Abstand
„	11500	„	„	„	0,002	„	„
„	9800	„	„	„	0,0025	„	„
„	9600	„	„	„	0,0025	„	„
„	6000	„	„	„	0,004	„	„

untersucht und ganz tadellos gefunden hat. Dieselben übertrafen an Güte ganz erheblich ein dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam gehöriges Robert'sches Gitter mit 6000 Linien auf den halben Pariser Zoll.

Eine Theilung auf einen Metallspiegel von nur 12 Q.-Millim., die Wanschaff für Vogel ausführte, fiel so vorzüglich aus, daß ein damit zusammengesetzter Spectralapparat dem vorzüglichen Schröder'schen Apparate des Observatoriums mit 5 Rutherford'schen Prismen nur wenig nachsteht.

Die Preise Wanschaff's sind erheblich niedriger als die früheren. Ein Metallgitter von 30 Millim. Höhe und Breite mit 16000 Linien würde mit Metallspiegel etwa 300 Mark kosten und an Wirkung einem Prismenspectroskop mit 5 zusammengesetzten Prismen gleichkommen, das mindestens ebensoviel kostet.

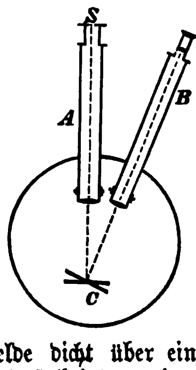
Bei Anwendung von Gittern auf Metall wächst die Intensität des Spectrums mit der Reflexionsfähigkeit der Metalloberfläche. Gewöhnliches Spiegelmetall giebt ungefähr 30 Procent Verlust bei der Reflexion, während derselbe bei versilberten Glasspiegeln nur 10 bis 15 Proc. beträgt. Wegen der leichten Vergänglichkeit der Versilberung wird man nun zwar auf versilberten Glasflächen keine Theilung herstellen; da aber die kleinsten Risse in der Glasfläche nach der Versilberung deutlich hervortreten, so liegt es nahe, auf Glas-

flächen Gitter herzustellen und dieselben nachträglich zu versilbern. Versuche dieser Art sind wiederholt gelungen. Die Silberschicht darf nicht zu dick niedergeschlagen, kann jedoch nachträglich polirt werden. Ist sie schlecht geworden, so wäscht man sie mit Salpetersäure ab und stellt sie aufs Neue her.

Derartige Gitter auf Silber gedenkt Vogel zur Herstellung eines Reversions-Spectroskopes zu benutzen, welches die großen Vorzüge des Zöllner'schen (vergl. dieses Jahrb. IX, S. 42) ohne dessen Nachtheile haben würde. Diese liegen hauptsächlich in der Schwierigkeit der exacten Ausführung des Apparates, und ihnen ist es nach Vogel zuzuschreiben, daß, abgesehen von einigen eigenen Beobachtungen zum Nachweis der Rotation der Sonne mittels des Spectroskopes im Jahre 1871, keine einzige wissenschaftliche Beobachtung mit dem Zöllner'schen Apparate ausgeführt worden ist.

Die Einrichtung des von Vogel angegebenen Spectroskopes deutet Fig. 13 an. A ist der Kollimator mit dem Spalt S, durch den das Licht einfällt, B das Beobachtungsfernrohr, die beide auf einer Platte befestigt sind. C ist das Interferenzgitter, das senkrecht zu den feinen Linien in zwei Hälften zerschnitten ist, die durch Mikrometerschrauben drehbar sind. Dieselben werden nun so gestellt, daß beispielsweise vom untern Gitter das Spectrum 1. Ordnung rechts vom reflectirten Strahl, von dem andern Gitter aber das Spectrum 1. Ordnung links von diesem Strahl in das Beobachtungsfernrohr gespiegelt wird. Da die beiden Hälften des Gitters an einander stoßen, so lagern die zwei Spectra im Gesichtsfelde dicht über einander und unterscheiden sich nur dadurch, daß bei dem einen das Blau nach rechts, bei dem andern nach links liegt. Wenn nun bei ruhender Lichtquelle zwei Linien beider Spectren zusammenfallen, so wird dies nicht mehr der Fall sein, wenn das Spectroskop auf eine Lichtquelle gerichtet ist, die sich in Richtung des Visionsradius bewegt.

Fig. 13.



Vogel hofft, dieses Spectroskop auf größere Sterne anwenden zu können. Sollte dies wegen zu großer Lichtschwäche der Spectren nicht möglich sein, so hält er den Apparat doch für ein schätzenswerthes Mittel, um Bewegungen an der Oberfläche der Sonne, in den Protuberanzen, nachzuweisen.

II.

Physik und Meteorologie.

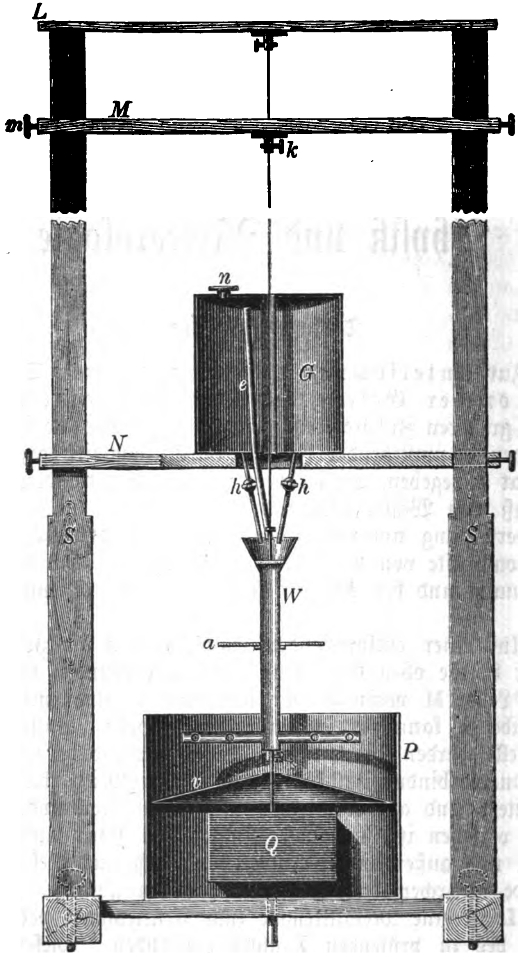
Torsionselasticität.

Zur Untersuchung und insbesondere zur Demonstration der Gesetze der Torsionselasticität vor einem größeren Zuhörerkreise, hat Prof. F. Melde in Marburg den in umstehender Fig. 14 im Durchschnitt dargestellten Apparat angegeben, bei welchem von der Reactionskraft beim Ausfluß von Wasser Gebrauch gemacht wird, und der auch zur Verfolgung anderer Fragen, wie die Abhängigkeit der Reactionskräfte von der Druckhöhe, von der Form der Ausflußöffnung und der Art der Flüssigkeit, gute Dienste leisten dürfte.

Auf einer entsprechenden Basis erheben sich zwei Holzständer S, die oben durch eine Leiste L verbunden sind; eine zweite Leiste M verschiebt sich unterhalb L und mittels der Schraube m kann sie in verschiedener Höhe parallel zu L festgestellt werden. Eine dritte, ebenfalls verstellbare Leiste ist das Querverbindungsstück N, das in der Mitte kreisförmig verbreitert und außerdem hier mit einem kreisrunden Ausschnitt versehen ist, um das Zinkgefäß G sicher aufsetzen zu können und außerdem zu ermöglichen, daß aus diesem durch passende Röhrchen das Wasser nach unten abfließt. An der Leiste L ist eine Metallklemme zum Festklemmen des oberen Endes des zu prüfenden Drahtes vorhanden. Dieser Draht läuft dann frei durch ein Löchelchen in M und eine Klemme k

1) Zeitschrift für Instrumentenkunde, März 1881, S. 76.

Fig. 14.



und trägt unten den Messingtheil W, der ebenfalls durch eine Klemme am untersten Theil des Drahtes befestigt ist. Auf diese Weise können Drähte von verschiedener Länge untersucht

werden, ohne daß dieselben durch Biegung oder Reibung eine Spannung erleiden. Der Theil W, den Melde kurz als das „Wasserrad" bezeichnet, ähnelt in der That dem gleichnamigen Segner'schen Apparate. Er besteht aus einem verticalen Messingcylinder und einem horizontalen engeren Messingcylinder, der unten an den ersteren angelöthet ist und auf jeder Seite vier kleine Löcher hat, die mittels kleiner Schraubenkappen geöffnet und geschlossen werden können. Bezeichnet man die in der Figur vorn von rechts nach links liegenden Löcher mit 1, 2, 3, 4, die auf der Rückseite gelegenen in umgekehrter Folge mit 1′, 2′ 3′, 4′, so erkennt man, daß bei Oeffnung der Löcher 1, 2, 1′ und 2′ das Wasserrad eine Drehung im Sinne der Zeiger einer Uhr, bei Oeffnung der andern Löcher aber eine Drehung im entgegengesetzten Sinne machen muß. Wenn man ferner statt 1′ das Löchelchen 2 öffnet, welches nur halb so weit von der Drehungsachse absteht; so wird nur eine nahezu halb so große Reactionskraft zur Wirkung kommen. Ueberhaupt lassen sich durch verschiedene Combinationen beim Oeffnen der Löcher verschiedene Drehkräfte erzeugen.

Auf dem Verticalcylinder des Wasserrades ist oben ein Messingtrichter aufgeschraubt, der an seinem unteren Ende von einem Querstück durchsetzt wird, an dem eine Klemme angebracht ist, durch welche das Wasserrad am untern Theile des Versuchsdrahtes aufgehängt werden kann. Ist das Wasserrad bis an den Rand des Trichters mit Wasser gefüllt, so wirkt als Spannung des Drahtes das Gewicht des ganzen Theiles W und das des Wassers. Sollte dies Gewicht aber noch keine genügende Spannung bewirken, so können auf den Messingkreis a, welcher an dem Verticalcylinder von W festsitzt, noch Halbcylinder aus Blei aufgesetzt werden, die den Verticalcylinder umschließen.

Dieser Messingcylinder trägt an seinem Rande eine Eintheilung in ganze Grade und die Einstellung dieser Kreistheilung auf einen Normalindex ist es, die bei den Versuchen beobachtet und notirt wird. Einen solchen Index stellte sich Melde einfach in der Weise her, daß er vor dem Kreise a durch kleine Bleikugeln zwei verticale Fäden spannte, welche eine durch die Achse des Drahtes gehende Visirebene markirten.

Für die Anwendung des Apparates ist es nun wesentlich, daß der Wasserabfluß aus den Oeffnungen des Wasserrades constant dieselbe Stärke behalte, wozu erforderlich ist, einmal daß die Löcher immer dieselbe lichte Weite behalten, dann aber auch, daß das Niveau des Wassers im Trichter unverändert bleibt. Ersteres erreicht man dadurch, daß man jedesmal beim Oeffnen eines Löchelchens und auch sobald durch eine wesentlich andere Einstellung eine Störung angezeigt wird, mit einem Fischbeinstäbchen ein paar Mal durch dasselbe hin und her fährt. Die gleiche Höhe der Flüssigkeitsdrucksäule ist aber dadurch erreicht, daß das Gefäß G nach dem Princip der Mariotteschen Flasche aus Zinkblech construirt ist. Damit dieses Gefäß den Draht bei einer Aufhängung nicht störe und erst nachher aufgesetzt werden könne, gab Melde demselben einen ringförmigen Querschnitt und versah es auch der Länge nach mit einer Oeffnung; der letzteren entsprechend war auch in die kreisförmige Erweiterung von N mittels einer Laubsäge vorn ein Einschnitt gemacht, so daß man auch den Draht bequem suspendiren kann, wenn G schon aufgesetzt ist. Die Füllung von G geschieht dadurch, daß man nach Lösung der Schraube n Wasser einfüllt, bis dieses aus dem Rohre e in den Trichter, also überhaupt in W fließt. Die eigentlichen Abflußwege bilden aber die beiden, unten schief nach einander hinlaufenden Röhrchen, welche vom Boden des Gefäßes G beginnen und durch die Hähnchen h geöffnet und geschlossen werden können. Die unteren Enden dieser Röhrchen liegen etwa 1 Linie tiefer als die untere Oeffnung des Rohrs e. Fließt nun Wasser in W, so erreicht dessen Niveau zuerst die unteren Mündungen der kleineren Röhrchen, steigt dann über diese hinaus und erreicht etwas später die untere Mündung von e. Sobald letzteres geschehen, wird aber der Zutritt der Luft nach dem Raume über dem Wasser in G (n ist selbstverständlich wieder fest aufgeschraubt) abgeschnitten und das Einfließen nach W hin stockt, bis in Folge fortgesetzten Abflusses aus W die untere Oeffnung von e wieder frei wird; neues Wasser dringt durch h nach, das Niveau steigt wieder u. s. f. Dieses Spiel kann durch die gehörige Stellung der Hähnchen h so regulirt werden, daß sehr nahe eine gleiche Flüssigkeitsdrucksäule sich bildet, wie die bei den Versuchen erhaltenen Beobachtungszahlen zeigen.

Damit das ganze System, wenn es durch den Einfluß der Drehkraft des Wasserrades in Bewegung gesetzt worden ist, rasch wieder eine neue Gleichgewichtsstellung einnimmt, ist noch eine Vorrichtung zum Arretiren angebracht. Es kann nämlich mittels eines Stiels und einer Schraube unten an W eine Zinkscheibe Q befestigt werden, welche unter Wasser taucht, das sich im Zinkgefäß P befindet, und dessen Niveau über den oberen Rand von Q hinwegragen muß. Da aber beim Abfluß aus W in dem Wasser von P sofort störende Strömungen entstehen würden, ist noch ein Blechconus v an drei Haken zwischen dem Wasser in P und den Ausflußöffnungen von W aufgehängt. Das ausfließende Wasser fällt demnach zunächst auf v, und fließt hierauf langsam nach der Wand des Gefäßes P, um hieran ebenso langsam nach unten zu fließen, ohne daß dann noch störende Bewegungen im Wasser von P entständen. Durch einen an P angebrachten Hahn kann man leicht das überflüssige Wasser entfernen. Will man das ganze System, namentlich wenn seine Schwingungsdauer bestimmt werden soll, ohne den Wasserwiderstand in P beobachten, so läßt man das Wasser aus dem untersten Gefäß ganz heraus.

Wenn man nur den Hauptzusammenhang der Methode vor einem Auditorium zeigen will, so genügt es einfach ein Segner'sches Wasserrad an einem Draht an der Decke des Zimmers aufzuhängen und ein passendes Auffanggefäß für das Wasser auf den Fußboden zu stellen. Die Drehungswinkel wird man leicht anderweitig bestimmen können.

Melde giebt noch einige Versuchsreihen an, bei denen blos eine einzige Oeffnung an W geöffnet war und mehrmals hinter einander die abwechselnden Umkehrstellen beobachtet wurden, wenn der Apparat bei verschlossener Oeffnung und wenn er bei geöffneter in Schwingungen war. Die arithmetischen Mittel geben die Ruhelage im ersten und zweiten Falle; die Differenz beider sei D. Bei drei verschiedenen Drahtlängen L wurden folgende Werthe von D und Schwingungszeiten T (in Secunden) sowie deren Quadrate als Mittel erhalten:

L	D_0	T	T^2
766	310,57	17,375	301,891
612	250,75	15,520	240,870
499	203,53	14,000	196,000

Da sich die Längen L direct wie die Torsionsgrade D und letztere direct wie die Quadrate von T verhalten, so ergeben sich, wenn man die entsprechenden kleinsten Werthe von L, D und T^2 als Einheiten annimmt, folgende zusammengehörige Verhältnißzahlen:

L	D	T^2
1,5351	1,5259	1,5403
1,2264	1,2320	1,2289
1,0000	1,0000	1,0000

Will man hieraus die Verhältnißzahlen der Torsionskräfte K_l K_d K_t ermitteln, und zwar einmal nach den Längen, dann nach Melde's Methode nach D, und endlich nach T, so hat man offenbar die zusammengehörigen reciproken Werthe der je drei Zahlen zu bilden und erhält:

K_l	K_d	K_t
0,6514	0,6554	0,6492
0,8154	0,8117	0,8137
1,0000	1,0000	1,0000.

Neuere Untersuchungen über die Torsion von Metalldrähten sind von Prof. E. Warburg veröffentlicht worden[1]). Dieselben wurden ursprünglich in der Absicht unternommen, eine von dem Genannten aufgestellte Theorie der festen Körper näher zu prüfen, die von der Hypothese ausgeht, daß ein fester Körper aus beliebig gestalteten gleichartigen Molekeln besteht. Indessen erwies sich diese Theorie nicht als guter Leitfaden für die experimentelle Untersuchung, und es ist daher auf dieselbe weiter keine Rücksicht genommen worden.

Das Torsionsmoment eines Drahtes wurde bei diesen Versuchen verglichen mit dem Directionsmoment, welches auf einen bifilar aufgehängten Körper K_1 wirkt. Der zu prüfende Draht hing in der Mitte zwischen den beiden Fäden herab, und der an diesem Drahte aufgehangene Körper K_2 konnte durch leichte Bügel mit K_1 verbunden werden, so daß die Drehungen von K_1 und K_2 um die gemeinschaftliche Drehungsachse dieselben wurden.

1) Wiedemann's Annalen Bd. X, S. 13.

Zur Erläuterung mag bemerkt werden, daß das Drehungsmoment, welches auf einen kreisförmig-cylindrischen Draht vom Halbmesser R und der Länge L wirkt, wenn der untere Querschnitt gegen den oberen um den Winkel φ verdreht ist, den Werth

$$\tau \cdot \frac{R^4}{L} \cdot \varphi = D_2 \cdot \varphi$$

hat. Dabei ist τ eine dem Material des Drahtes eigenthümliche Constante, welche Warburg den Torsionscoëfficienten nennt; die Größe

$$D_2 = \tau \cdot \frac{R^4}{L}$$

nennt derselbe das Torsionsmoment des Drahtes.

Das Drehungsmoment, welches auf einen bifilar aufgehängten Körper wirkt, wenn er um den verschwindend kleinen Winkel Θ aus seiner Gleichgewichtslage herausgedreht wird, beträgt

$$D_1 \Theta = (\triangle + 2\,T) \cdot \Theta,$$

wo $\triangle$ von der Schwere herrührt, T aber das Torsionsmoment eines Fadens ist. Die Größe D_1 nennt Warburg das Directionsmoment des bifilar aufgehängten Körpers.

Die Untersuchungen Warburgs erstreckten sich auf Drähte von Stahl, Eisen und Kupfer von 0,3 bis 0,5 Millim. Durchmesser und ungefähr 550 Millim. Länge, die vor dem Versuche in freier Luft oder auch im Wasserstoffstrom unter schwacher Spannung ausgeglüht wurden und dann, wenn sie am oberen Ende befestigt waren, auch ohne Belastung ganz gerade herunter hingen.

Es handelte sich nun zunächst um Erörterung der Fragen, ob bei sehr kleinen Deformationen der dynamisch (durch Schwingungsversuche) und der statisch (durch Ablenkungsversuche) bestimmte Torsionscoëfficient gleichen Werth hat und in wieweit die Spannung des Drahtes ohne Einfluß auf den Torsionscoëfficienten ist.

Kupffer hat früher den Elasticitätscoëfficienten aus statischen Biegungsversuchen größer gefunden als aus Transversalschwingungen; Wertheim dagegen fand, mit Aus-

nahme des Eisens, den Elasticitätscoëfficienten aus Verlängerungsversuchen durchweg, und zwar meist um mehrere Procent, kleiner als aus Longitudinal-, oder Transversalschwingungen. F. Kohlrausch setzt diese Thatsache auf Rechnung der elastischen Nachwirkung. Kupffer und neuerdings F. Braun haben auch den Einfluß der Spannung auf das Torsionsmoment untersucht, sind aber zu entgegengesetzten Resultaten gelangt.

Bei Warburg's Versuchen ergaben sich nun die statisch bestimmten Torsionsmomente sämmtlich kleiner als die dynamisch bestimmten, und zwar um 1 Promille für Stahl, 6 für Eisen und 28 für Kupfer. Elastische Nachwirkung beeinflußte bei allen diesen Versuchen nicht merklich die statische Bestimmung.

Eine Abhängigkeit des Torsionscoëfficienten von der Spannung hat sich innerhalb der Versuchsgrenzen nicht gezeigt.

Für Kupferdraht ergab sich bei den dynamischen Versuchen die Schwingungsdauer abhängig von der seit der Spannungsänderung verflossenen Zeit, und zwar mit wachsender Zeit abnehmend, mochte die Spannungsänderung in einer Ab- oder Zunahme der Spannung bestehen. Pisati hat früher (1876) eine ähnliche Beobachtung gemacht; er fand nämlich, daß die Schwingungsdauer eines Silberdrahtes von 2,4245 Sec. auf 2,4327 Sec. stieg, nachdem das spannende Gewicht mehrere Tage entfernt und dann wieder angehangen worden war.

Warburg hat dann weiter die Eigenschaften von Drähten untersucht, die eine dauernde Torsion erhalten hatten. Durch kleine versilberte Glasspiegel, die an den Drähten mittels Leim befestigt wurden, überzeugte er sich, daß bei weichen Kupferdrähten die Torsion sich ziemlich gleichmäßig über die ganze Drahtlänge vertheilt; bei Eisendrähten dagegen war dies auch nicht einmal annähernd der Fall, vielmehr betrafen größere permanente Torsionen gewöhnlich nur eine kleine Stelle des Drahtes. Das Verhalten des Stahles lag zwischen dem des Eisens und des Kupfers in der Mitte. Weitere Versuche hat daher Warburg nur mit Kupferdrähten angestellt.

Um nachzuweisen, daß bei Eisendraht die Stelle, an welcher die permanente Torsion eintritt, nur klein ist, wandte Warburg ein einfaches Mittel an, welches auch geeignet ist, einem größeren Zuhörerkreise das Wesen der Torsion zu

demonstriren. Er klebte nämlich an den Draht Papierstreifen, die vor der permanenten Torsion alle in einer Ebene lagen. Nach Eintritt der permanenten Torsion zerfielen diese Streifen in der Regel in zwei Theile; weder im oberen, noch im unteren Theile waren die Streifen gegen einander verdreht, wohl aber zeigten die obern eine Drehung gegen die untern.

Der Vorgang bei der dauernden Torsion eines Drahtes kann nun im Allgemeinen ein doppelter sein: der Draht kann, wenn er vorher isotrop (nach allen Richtungen hin gleichmäßig) war, auch nach der Torsion, trotz anderer Anordnung seiner Molekeln, isotrop bleiben, er kann sich also wie eine Flüssigkeit verhalten; die permanente Torsion kann aber auch dadurch eintreten, daß die Materie des Drahtes in Richtung der Hauptdruckachsen nachgiebt, wobei auch die kleine Drehung bestehen bleiben mag, welche die Elemente des Drahtes außer der Compression und Dilatation in zwei zu einander senkrechten Richtungen bei der Torsion erfahren. In diesem letzteren Falle wird der Draht anisotrop und verhält sich wie ein Krystall des rhombischen Systemes; aber die Achsen haben an verschiedenen Punkten eine verschiedene Richtung. Auch wächst der Grad der Anisotropie von der Drahtachse nach außen zu, da nach dieser Richtung die Verzerrungen der Elemente wachsen.

Warburg hat nun eine Erscheinung beobachtet, die sich durch die letztere, nicht aber durch die erstere Annahme erklären läßt. Schon G. Wiedemann hat gezeigt,[1]) daß ein Draht, dem eine gewisse permanente Torsion ertheilt worden, einen Theil davon dauernd verliert, wenn man ihn belastet. Wiederholte Belastung und Entlastung wirkt in demselben Sinne mit abnehmender Intensität, und schließlich gelangt der Draht in einen Zustand, in welchem keine dauernde Aenderung der permanenten Torsion durch Belastung und Entlastung mehr eintritt. Wenn man den Draht in diesem Zustande belastet, so tordirt er sich im Sinne der permanenten Torsion, kehrt aber nach der Fortnahme der Belastung wieder in seine alte Lage zurück. Dabei ist diese temporäre Torsion nahezu proportional der

1) Wiedemann's Ann. Bd. VI, S. 485.

Belastung; sie nimmt ferner zu mit der permanenten Torsion, die dem Drahte ertheilt wurde, aber viel langsamer als diese.

Bei einem Drahte ferner, welcher durch ein auf seinen untern Endquerschnitt wirkendes tordirendes Moment tordirt gehalten wird, nimmt, wie Wiedemann gezeigt hat, durch abwechselndes Belasten und Entlasten der permanente Theil der Torsion bis zu einer gewissen Größe zu; ist dieser Grad erreicht, so bringt ein weiterer Belastungswechsel keine Aenderung der permanenten Torsion mehr hervor. Wenn man den Draht in diesem Zustande belastet, so tordirt er sich und kehrt nach Fortnahme der Belastung wieder in seine alte Lage zurück; auch bei dieser temporären Torsion ist der Sinn derselbe wie bei der permanenten, auch ist sie nahezu proportional der Belastung und wächst mit der permanenten Torsion, doch langsamer als diese.

Diese Erscheinungen wurden an Kupferdrähten beobachtet, die auf die oben erwähnte Weise behandelt waren; doch zeigte auch ein in natürlichem Zustande nicht ganz gerader Eisenstab, bei welchem aber die permanente Torsion sich nahe gleichmäßig über den Draht erstreckte, qualitativ dasselbe Verhalten. G. Wiedemann hat dagegen an den von ihm untersuchten Messingdrähten diese Erscheinung nicht beobachtet.

Diese Erscheinung ist es nun, welche Warburg veranlaßt, den mit permanenter Torsion versehenen Draht als anisotrop zu betrachten. Die mathematische Ableitung der Erscheinung aus der gemachten Voraussetzung müssen wir hier übergehen.

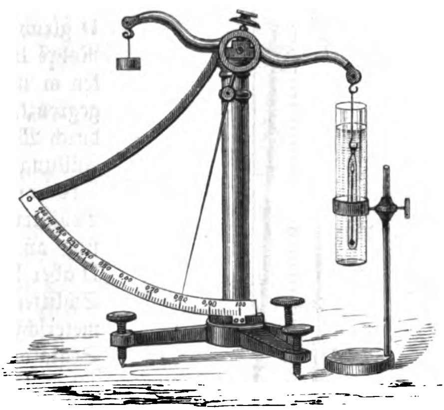
Bestimmung des specifischen Gewichtes.

Die hydrostatische Zeigerwage zur raschen Bestimmung des specifischen Gewichts von Flüssigkeiten, welche Wilh. von Bezold [1]) angegeben hat und die von der Firma Böhm & Wiedemann in München für 40 M. zu beziehen ist, besteht, wie Fig. 15 zeigt, aus einem gleicharmigen Hebel, einem dazu rechtwinkligen Zeiger und einer Scala, auf welcher man das specifische Gewicht sofort ablesen kann, wenn man den am rechten Arme angehängten Schwimmkörper in die

1) Centralztg. für Optik und Mechanik. 1880, Nr. 8, S. 101.

Flüssigkeit eingehängt und durch Verschiebung des dieselbe enthaltenden kleineren Gefäßes es dahin gebracht hat, daß der zur Aufhängung dienende Draht bis an die durch das Ende der Vergoldung kenntliche Stelle eintaucht. Die Ablesung giebt unmittelbar zwei Decimalen, während die dritte sich noch abschätzen läßt. Der Wage sind zwei Hilfsgewichtchen 0—1 und 1—2 beigegeben, von denen das erstere oder das letztere an das linke Ende des Wagebalkens anzuhängen ist, je nachdem das specifische Gewicht der zu prüfenden Flüssigkeit zwischen 0 und 1 oder zwischen 1 und 2 liegt. In dem letzteren Falle hat man übrigens den auf der Scala abgelesenen Decimalen noch eine ganze Einheit vorzusetzen.

Fig. 15.

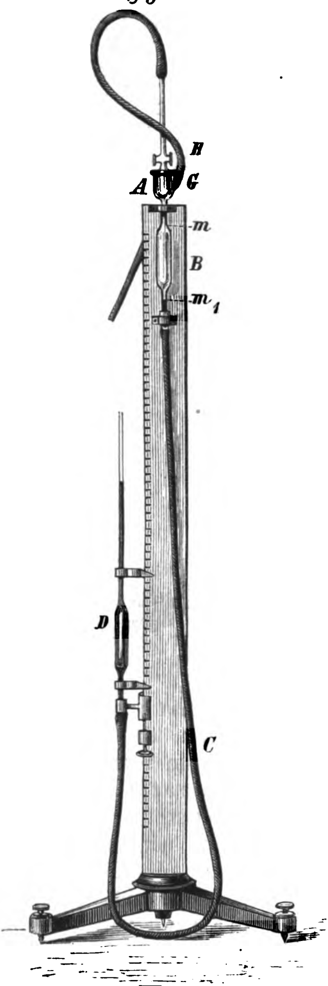


Um das specifische Gewicht von Körpern zu bestimmen, die nicht in Wasser gewogen werden können, wendet man das Volumenometer an, ein Instrument, durch welches man zunächst das Volumen des Körpers ermittelt. Die älteren Instrumente dieser Art waren indessen wenig bequem, und es hat deshalb ein vor einiger Zeit von Rüdorff angegebenes Volumenometer [1]) viel Verbreitung gefunden.

Mehrfache mit diesem Instrumente von verschiedenen Beobachtern ausgeführte Versuche, die mit aller Sorgfalt angestellt wurden, haben aber nicht übereinstimmende Resultate ergeben, und es hat deshalb A. Paalzow eine andere Anordnung in Vorschlag gebracht, welche in Fig. 16 dargestellt ist.[2])

1) Wiedemann's Ann. Bd. VI, S. 288.
2) Dies., Bd. XIII, S. 332.

Fig. 16.



A ist ein offener Gasbehälter, der unten mit einem Manometerrohr in Verbindung steht, welches aus dem Glasrohr B, dem Kautschukschlauch C und dem Glasrohr D besteht. Um die Capillardepression des Quecksilbers im Manometerrohr beiderseits gleich zu machen, sind die engen Theile von B und D gleich weit gemacht. Vom Rohre B ist durch zwei Marken m und m_1 ein Theil abgegrenzt, dessen Volumen a durch Wägung des zu seiner Füllung nöthigen Quecksilbers ermittelt wird. Der Behälter A und das Rohr B sind an dem Stativ befestigt, D aber läßt sich mittels eines Schlittens und einer Mikrometerschraube längs einer Scala auf- und ab bewegen. Oben läßt sich der Behälter A durch eine Glasplatte G luftdicht schließen. Diese ist in der Mitte durchbohrt und mit einem durch den Hahn H verschließbaren Rohre versehen, von dem ein Kautschukschlauch nach einem Trockenapparate führt. Durch Heben und Senken von D kann man daher bei geöffnetem Hahne alle Luft aus A heraustreiben und neue, getrocknete Luft an ihre Stelle treten lassen.

Um nun das specifische Gewicht eines Körpers zu be-

stimmen, wird in den Behälter A in der Regel noch ein Einsatzgefäß gesetzt und dann das Rohr D so lange verschoben, bis das Quecksilber im Manometerrohr beiderseits gleich hoch, und zwar bei der Marke m steht. Hierauf wird der Deckel G aufgesetzt, der Hahn geschlossen und D so tief gesenkt, bis das Quecksilber im Manometerrohr bei m_1 steht. An der Scala des Stativs liest man nun die Druckdifferenz d im Manometerrohr ab und bestimmt gleichzeitig den äußeren Barometerstand p_0. Der Druck im Gefäß A ist dann

$$p = p_0 - d$$

und für das Volumen v_0 der in diesem Gefäß eingeschlossenen Luft hat man nach dem Boyle-Mariotte'schen Gesetz die Gleichung

$$v_0 \, p_0 = (v_0 + a) \, p_1;$$

es ist daher

$$v_0 = a \frac{p}{p_0 - p}.$$

Wenn v_0 bestimmt ist, wird der Versuch wiederholt, nachdem man vorher den zu untersuchenden Körper, dessen Volumen x ist, in A gebracht hat. Bedeutet jetzt p_1 den Druck des verdünnten Gases in A, und ist

$$v_1 = a \frac{p_1}{p_0 - p_1},$$

so findet man das Volumen x des Körpers durch Subtraction:

$$x = v_0 - v_1.$$

Sind ferner α und β die Ausdehnungscoëfficienten des Körpers und des Glases, aus dem der Apparat hergestellt ist, so ist das auf Null Grad reducirte Volumen des Körpers

$$x_0 = \frac{x}{1 + (\alpha - \beta) t},$$

wenn t die Temperatur bei den Beobachtungen bedeutet. Kennt man nun noch das absolute Gewicht P in Grammen und ist x_0 in Cubikcentimetern gemessen, so ist das specifische Gewicht

$$s = \frac{P}{x_0}.$$

Neue Form der Töpler'schen Quecksilberluftpumpe.

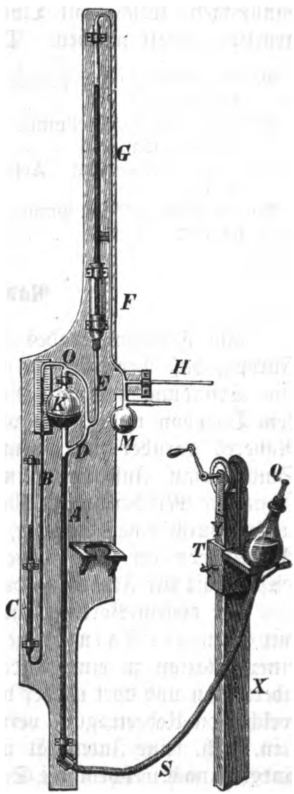
Bei den vielfachen Versuchen, welche W. Crookes in neuerer Zeit über elektrische Entladungserscheinungen in stark verdünnten Gasen angestellt hat, bediente sich derselbe der von Ch. H. Gimingham verbesserten Sprengel'schen Quecksilberluftpumpe, welche der Theorie nach eine beliebige Verdünnung der Luft zu erreichen gestattet, vorausgesetzt, daß das Quecksilber, welches das Fallrohr durchströmt, völlig luftfrei ist. Den Hauptübelstand der Sprengel'schen Pumpe, daß die Verdünnung zu langsam fortschreitet, hat Gimingham dadurch zu vermindern gesucht, daß er statt eines Fallrohres drei anbrachte, die aus einem gemeinsamen Reservoir mit Quecksilber gespeist werden. Obgleich nun Crookes mit dem Gimingham'schen Apparate die größten bis dahin erreichten Verdünnungen erhalten hat, so leidet der Apparat doch an dem Mangel, daß er zu complicirt und zerbrechlich ist, und es hat deshalb Ernst Bessel-Hagen in Berlin versucht, der einfachen von Töpler angegebenen Luftpumpe[1]) eine etwas abgeänderte Einrichtung zu geben, die sie befähigt, die höchsten Grade der Verdünnung zu erreichen.[2])

Der Haupttheil der Pumpe (s. Fig. 17) ist auf einem geeigneten Brette angeordnet, welches durch eine Schraubenzwinge an einem Tisch befestigt werden kann; ein besonderer Ständer trägt das Quecksilbergefäß Q, welches mit der eigentlichen Pumpe durch den Kautschukschlauch S verbunden ist. Beim Anheben des Gefäßes steigt das Quecksilber in dem Rohre A empor, theilt sich bei D, sperrt die Eintrittsstelle des Steigrohres E, das zu dem auszupumpenden Gefäße führt, und füllt die Kugel K, aus der die Luft durch die enge Röhre B, welche trichterförmig in die weitere Röhre C übergeht, entweicht. Ist nun dadurch, daß man das Gefäß senkt, bis die Eintrittsstelle von E frei wird, und daß man die Luft aus dem Recipienten in die Kugel K treten läßt, die Hauptmasse der Luft weggeschafft, so hebt man das Quecksilbergefäß vorsichtig noch etwas höher, so daß das Quecksilber über O hinaus in das Rohr B eintritt und das noch vorhandene

1) Dingler's polytechn. Journal Bd. 163, S. 492.
2) Wiedemann's Ann. Bd. XII, S. 425.

Luftbläschen vor sich herschiebt. Senkt man das Gefäß wieder, so fließt das übergetretene Quecksilber zurück. Will man ohne besondere Aufmerksamkeit langsam pumpen, so kann man durch Anschlagstifte, die bei X und Y in die Löcher gesteckt werden, die Bewegung des Gefäßes begrenzen; zum Schluß hebt man dann das Gefäß aus seinem Träger noch ein wenig heraus.

Fig. 17.



Um ohne Schliffstelle eine Verbindung des Recipienten mit der Pumpe zu bewirken, ist das Fläschchen ohne Boden F mittels Kork quecksilberdicht auf das Steigrohr E gesetzt, welches etwas Quecksilber enthält. Ueber das Steigrohr schiebt man den linken, weiten Schenkel des ∩förmigen Rohres G, welches mittels der Röhre H mit dem auszupumpenden Gefäße in Berührung steht, sodaß jener Schenkel in das Fläschchen F eintaucht. Beim Auspumpen steigt nun das Quecksilber in den ringförmigen Raum zwischen der Röhre E und der darüber geschobenen und bewirkt so den Schluß. Das Kölbchen M enthält etwas Phosphorsäureanhydrit und wird nach dem Füllen zugeschmolzen. Wenn jedoch eine Vermeidung jeder Schliffstelle nicht wesentlich ist, so befestigt man das Rohr G direct durch einen Schliff an E. Die Theilung an dem Rohre B erlaubt jeder Zeit die Verdünnung zu messen, welche man mit der Pumpe erreicht hat. Zu dem Zwecke braucht man blos von der Theilung erstens, wenn die Pumpenkugel K mit dem Recipienten in Verbindung steht, und zweitens, wenn

das Quecksilber in K bis zur Marke angestiegen ist, den Stand des Quecksilbers abzulesen. Dabei wird natürlich nur das in der Pumpe noch befindliche Gas gemessen, während der Druck des Quecksilbers, der bei hohen Verdünnungen viel größer ist, ungemessen bleibt.

Von Interesse sind einige Mittheilungen über die Verdünnungen, welche mit Quecksilberpumpen verschiedener Construction erzielt wurden. Diese betragen:

Bei der Geißler'schen Pumpe älterer Construction	0,11mm,
Bei der Geißler'schen Pumpe neuerer Construction	0,0085mm,
Bei der verbesserten Töpler'schen Pumpe	0,000012mm,
Bei der Sprengel'schen Pumpe (Crookes und Ogden)	0,000046mm bis 0,000007mm.

Radiophonie.

Im Frühsommer des Jahres 1880 kam die Kunde nach Europa, daß Prof. Alexander Graham Bell in Boston eine Erfindung gemacht, die an wissenschaftlicher Bedeutung dem Telephon und Phonographen nicht nachstehe, und daß er Näheres darüber in einem versiegelten Schreiben bei der Smithsonian Institution in Washington niedergelegt habe. Genauere Mittheilungen über die Sache kamen in die Oeffentlichkeit durch einen Vortrag, den Bell am 27. August vorigen Jahres vor der 29. Jahresversammlung der Amerikanischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften in Boston hielt.[1])

In diesem Vortrage theilt er mit, wie es ihm in Verein mit Sumner Tainter gelungen, das gesprochene Wort von einer Station zu einer andern mittels eines Lichtstrahles zu übertragen und dort wieder hörbar zu machen. Der Lichtstrahl, welcher die Uebertragung vermittelt, muß ein undulirender sein, d. h. seine Intensität muß sich nach demselben Rhythmus ändern, nach welchem die Schallschwingungen erfolgen. Dieser Strahl fällt auf der zweiten Station auf eine Selen-Zelle, die in den Stromkreis einer galvanischen Kette eingeschalten

1) Das Photophon, von A. G. Bell. A. d. Englischen. Leipzig 1880.

ist; in demselben Stromkreis befindet sich auch ein gewöhnliches Bell'sches Telephon. Das Selen hat nun die Eigenschaft, den elektrischen Strom besser zu leiten, wenn es beleuchtet wird. Wenn also der undulirende Lichtstrahl darauf fällt, so werden rasch nach einander Aenderungen der Stromstärke eintreten, die nach dem Rhythmus der Tonschwingungen auf der ersten Station erfolgen, und dadurch wird die Platte des Telephons in Schwingungen gleicher Art versetzt, so daß man die auf der ersten Station gesprochenen Worte hört, wenn man das Telephon an das Ohr hält.

Die wichtigste Rolle spielt hierbei, wie man sieht, das Selen. Dieses 1817 von Berzelius entdeckte Element galt anfangs für einen Nichtleiter der Elektricität. Aber im Jahre 1837 entdeckte Knox, daß es zu einem Leiter wird, wenn man es schmilzt, und Hittorf zeigte 1852,[1]) daß es auch bei gewöhnlicher Temperatur leitet, wenn es sich in einem seiner allotropischen Zustände befindet. Aus dem geschmolzenen Zustande rasch erkaltet nimmt es eine „glasartige" Form an; es hat dann dunkelbraune, in reflectirtem Lichte fast schwarze Farbe und eine lebhaft glänzende Oberfläche; in dünnen Lamellen ist es mit schön rubinrother Farbe durchscheinend. Bei langsamer Abkühlung aus dem geschmolzenen Zustande nimmt es aber wesentlich andere Eigenschaften an, es gewinnt eine matte Färbung und bekommt eine körnige oder krystallinische Structur bei metallischem Ansehen. In dieser Form ist es selbst in dünnen Lamellen völlig undurchlässig für Licht. Dieses „granulirte" oder „krystallinische" Selen, das Regnault als „metallisches" bezeichnet hat, ist nun diejenige Form, von der Hittorf fand, daß sie bei gewöhnlichen Temperaturen die Elektricität leitet. Er fand auch, daß sein Widerstand gegen den Durchgang eines elektrischen Stromes stetig abnimmt, wenn man es bis zum Schmelzpunkt erhitzt, und daß sich der Widerstand plötzlich vermehrt, wenn es vom festen in den flüssigen Zustand übergeht. Frühzeitig schon wurde auch die Entdeckung gemacht, daß der Uebergang von einer allotropischen Form in die andere beschleunigt wird, wenn man das Selen dem Sonnenlichte aussetzt, und diese Wahrnehmung ist be-

1) Poggend. Ann. Bd. 84, S. 214.

sonders bemerkenswerth mit Rücksicht auf die neuen Entdeckungen.

Anwendungen wurden bis vor kurzem von dem Selen nicht gemacht. Gewöhnlich kommt es in Form kleiner cylindrischer Barren in den Handel, die meist der glasigen, nicht leitenden Modification, in selteneren Fällen nur der metallischen Form angehören.

Eine Anwendung dieses Körpers versuchte vor einer Reihe von Jahren Willoughby Smith, der Elektriker der Telegraphen-Constructions-Compagnie in London. Wegen des großen Leitungswiderstandes, den das krystallinische Selen dem elektrischen Strome entgegensetzt, kam derselbe nämlich auf den Gedanken, es bei seinem Systeme der Prüfung von submarinen Telegraphenkabeln während deren Auslegung zu benutzen. Bei der näheren Untersuchung, die Smith im Anfang des Jahres 1873 anstellte, zeigte es sich auch, daß das Selen in der That den erforderlichen Widerstand darbietet, indem einzelne Barren bei der Messung 1400 Megaohms [1]) ergaben, einen Widerstand, der demjenigen gleichkommt, den ein Telegraphendraht bietet, der lang genug ist, um von der Erde bis zur Sonne zu reichen. Dieser Widerstand wurde indessen außerordentlich veränderlich gefunden, und es wurden besondere Versuche angestellt, um die Ursache dieser Veränderlichkeit festzustellen. Hierbei entdeckte nun May, ein Gehilfe von Willoughby Smith, daß der Widerstand geringer war, wenn das Selen dem Licht ausgesetzt wurde, als wenn es sich im Dunkeln befand.

Um sicher zu sein, daß die Temperatur nichts mit dieser Wirkung zu thun hat, wurde das Selen in ein Gefäß mit

---

1) Die von der britischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften 1861 festgesetzte Einheit des galvanischen Leitungswiderstandes, das Ohm oder Ohmad, ist nahezu einer Siemens'schen Einheit gleich. Letztere drückt den Widerstand aus, den eine Säule von reinem Quecksilber von 1 Quadrat-Millim. Querschnitt und 1 Meter Länge bei 0° C. zeigt. Nach Jenkin und Dehms (vergl. dieses Jahrb. X, S. 192) ist

1 Ohmad = 1,0493 Siemens'sche Einh.,
1 Siemens'sche Einh. = 0,9530 Ohmad;

1 Megaohm ist eine Million Ohm.

Wasser gebracht, so daß das Licht eine 1 bis 2 Zoll dicke Schicht Wasser zu durchlaufen hatte, ehe es zu dem Selen gelangte. Die Annäherung einer brennenden Kerze erweis sich dabei als ausreichend, eine deutliche Abweichung der Nadel des Galvanometers zu bewirken, das mit dem Selen verbunden war, und das Licht eines Stückes Magnesiumdraht bewirkte, daß das Selen nur noch die Hälfte des Widerstandes ausübte, den es vorher gezeigt hatte.[1])

Diese Resultate wurden von Lieutenant Sale, Draper und Moß, W. G. Adams, Lord Rosse, Day, Sabine, Werner Siemens und C. W. Siemens bestätigt. Wenn Selen der Wirkung des Sonnenspectrums ausgesetzt wird, so wird Sale zufolge die Hauptwirkung ausgeübt am Ende oder gerade jenseits des Gebietes der rothen Strahlen des Spectrums, in einem Punkte, der nahezu mit dem Maximum der Wärmestrahlen zusammenfällt;[2]) nach Adams aber wird die Hauptwirkung im grüngelben oder am hellsten leuchtenden Theile des Spectrums hervorgebracht.[3]) Lord Rosse setzte das Selen der Wirkung nichtleuchtender Strahlen von heißen Körpern aus, konnte aber keine Wirkung erhalten, während eine Thermosäule unter gleichen Umständen reichliche Anzeigen eines Stromes gab. Er schied auch die Wärmestrahlen ab von den leuchtenden durch Dazwischenbringen einer flüssigen Lösung, wie Alaun, zwischen das Selen und die Lichtquelle, ohne daß dadurch die Kraft des Lichtes, den Widerstand des Selens zu vermindern, beeinflußt wurde, während dagegen das Dazwischenbringen derselben Substanzen die Wirkung der Thermosäule fast gänzlich vernichtete.[4]) Adams fand, daß das Selen empfindlich war für das kalte Licht des Mondes, und Werner Siemens[5]) entdeckte, daß Wärme und Licht auf gewisse

---

1) Willoughby Smith's erste Mittheilung über May's Entdeckung datirt vom 12. Februar 1873.

2) Lockyer theilte am 1. Mai 1873 der Königl. Gesellschaft in London die Ergebnisse der Versuche des Lieutenant Sale mit; vergl. Poggend. Ann. Bd. 150, S. 333.

3) Mittheilung an die Königl. Gesellschaft in London am 17. Juni 1875; vgl. Poggend. Ann. Bd. 159, S. 622.

4) Lord Rosse und Day: Philos. Magazine, IV. Series, Vol. 47, p. 161.

5) Monatsber. der Berliner Akademie, 1876, S. 280.

äußerst empfindliche Varietäten des Selens entgegengesetzte Wirkungen hervorbrachten. Bei Siemens' Versuche waren besondere Vorkehrungen getroffen zu dem Zwecke, den Widerstaud des zur Verwendung kommenden Selens zu reduciren. Zwei feine Platindrähte wurden in Gestalt einer flachen Doppelspirale gewunden und zickzackförmig auf eine Glimmerplatte gelegt, so daß dieselben einander nicht berührten. Ein Tropfen geschmolzenen Seelens ward dann auf die so angeordneten Drähte gebracht und ein zweites Glimmerblatt auf das Selen gepreßt, so daß dieses genöthigt ward sich auszubreiten und die Räume zwischen den Drähten auszufüllen. Jede Zelle war ungefähr von der Größe eines silbernen 10-Centimes-Stückes. Die Selenzellen wurden dann in ein Paraffinbad gebracht und einige Stunden lang einer Temperatur von 210° C. ausgesetzt, worauf man sie mit äußerster Langsamkeit erkalten ließ. Die Resultate, welche man mit diesen Zellen erhielt, waren ganz außerordentliche: in einigen Fällen war der Widerstand derselben, wenn sie dem Licht ausgesetzt wurden, nur ein Fünfzehntel ihres Widerstandes im Finstern.

Bei allen diesen Versuchen wurden die Messungen mit Hilfe des Galvanometers ausgeführt; Bell kam nun auf den Gedanken, daß das Telephon wegen seiner außerordentlichen Empfindlichkeit für elektrische Einflüsse mit Vortheil an Stelle desselben gesetzt werden könnte. Bei näherer Prüfung erkannte er aber, daß diese Versuche nicht auf gewöhnlichem Wege unternommen werden können, weil im Telephon keine Wirkung hervorgebracht wird während des Durchganges eines beständigen und constanten Stromes. Nur im Augenblicke des Ueberganges von einem stärkeren zu einem schwächeren Grade, oder umgekehrt, tritt eine hörbare Wirkung ein, und die Größe dieser Wirkung ist proportional dem Betrage der Stromänderung. Daraus schloß nun Bell, daß es rathsam sein würde, einen raschen Wechsel in der Leitungsfähigkeit des Selens zu erzeugen, in Häufigkeit entsprechend den musikalischen Schwingungen innerhalb der Grenzen der Hörbarkeit. Denn er hatte oft bemerkt, daß elektrische Ströme, welche so schwach waren, daß sie kaum hörbare Wirkungen in einem Telephon hervorbrachten, wenn der Strom einmal geöffnet oder geschlossen wurde, doch recht merkliche musikalische Töne erregten, wenn

derselbe oft hinter einander unterbrochen wurde. Dadurch kam er auf den Gedanken, daß man auf solche Weise durch die Wirkung des Lichtes einen Ton hervorbringen könnte, indem man einen Lichtstrahl auf Selen wirken läßt. Er erkannte dabei, daß die Wirkung bis in der äußersten Entfernung erhalten werden konnte, bis zu welcher Selen dem Einflusse eines leuchtenden Körpers unterliegt, daß aber diese Entfernung in's Unbegrenzte vergrößert werden könne durch Anwendung eines parallelen Lichtbündels, so daß wir von einem Orte zum andern telephoniren können, ohne daß es nöthig ist, einen Leitungsdraht zwischen dem Absender und Empfänger anzubringen. Um diesen Gedanken praktisch zu verwirklichen, war es aber nöthig, einen Apparat zu ersinnen, der durch die Stimme des Redners in Thätigkeit gesetzt werden konnte, wodurch dann Veränderungen in einem parallelen Lichtbündel hervorgebracht würden, die den Schwingungen der Luft entsprächen, welche durch die Stimme in der Luft erregt werden.

Zu diesem Zwecke schlug Bell vor, das Licht durch eine große Anzahl kleiner Oeffnungen gehen zu lassen, die von irgend einer beliebigen Form sein könnten, am besten aber spaltförmig wären. Zwei in ähnlicher Weise durchbohrte Platten sollten in Anwendung kommen. Die eine sollte fest aufgestellt, die andere aber in der Mitte eines Diaphragmas befestigt werden, auf das die Stimme wirkte, so daß die Schwingungen des Diaphragmas die bewegliche Platte veranlassen sollten, über die Oberfläche der festen hin- und herzugehen und damit die für den Durchgang des Lichtes bestimmten Oeffnungen abwechselnd zu erweitern und zu verengern. Dieser Apparat sollte in den Weg eines parallelen Lichtbündels gestellt und der aus dem Apparate austretende undulirende Lichtstrahl an einem entlegenen Orte durch eine Linse oder einen anderen Apparat aufgefangen, concentrirt und auf ein empfindliches Stück Selen projicirt werden, welches nebst einem Telephon in den localen Strom einer galvanischen Batterie eingeschaltet ist. Die durch die Stimme des Sprechenden erzeugten Variationen des Lichtes sollten entsprechende Aenderungen in dem galvanischen Leitungswiderstande des zur Verwendung kommenden Selens erzeugen, und das mit in den Strom geschaltete Telephon sollte in hörbarer Weise die Töne

und Artikulationen der Stimme des Sprechers wiedergeben. Zur Herstellung eines solchen Apparates erhielt Bell einige Stücke Selen, fand aber, daß deren Widerstand fast unendlich größer war, als derjenige irgend eines bis dahin construirten Telephons, und er war nicht im Stande, durch die Wirkung des Lichtes einen hörbaren Effekt zu erhalten. Indessen glaubte er, daß das Hinderniß überwunden werden könnte durch Reduction des Widerstandes des Selens und durch Construction eigens für diesen Zweck bestimmter Telephone. So groß war seine Zuversicht in dieser Beziehung, daß er in einem vor dem Königlichen Institute von Großbritannien am 17. Mai 1878 gehaltenen Vortrage die Möglichkeit behauptete, einen Schatten zu hören durch Unterbrechung der Wirkung des Lichtes auf Selen. Wenige Tage nachher wurde er in diesem Vertrauen neu bestärkt durch die Mittheilung, welche Willoughby Smith der Gesellschaft der Telegraphen=Ingenieure machte, daß er die Wirkung eines Lichtstrahles, der auf ein Stück krystallinisches Selen fiel, gehört habe, indem er in ein Telephon horchte, das mit dem Selen in einen Strom eingeschaltet war.

Bell giebt an, daß es zum großen Theil dem Genie und der Ausdauer seines Freundes Sumner Tainter aus Watertown in Massachusetts zu danken sei, daß das Problem der Hervorbringung und Reproduction von Schall vermittels Licht endlich erfolgreich gelöst worden ist. Der erste Punkt, dem diese Beiden ihre Aufmerksamkeit widmeten, war die Reduction des Widerstandes des krystallinischen Selens bis in zweckmäßige Grenzen. Bei den älteren Selenzellen wurde dieser Widerstand nach Millionen Ohm gemessen, und Bell erinnert sich keines Berichtes über eine Selenzelle, die weniger als 250,000 Ohm im Dunkeln gemessen hätte. Es gelang nun, empfindliche Selenzellen herzustellen von nur 300 Ohm Widerstand im Dunkeln und 155 Ohm im Licht. Alle früheren Experimentatoren scheinen Platin als leitenden Theil in ihren Selenzellen benutzt zu haben, bis auf Werner Simens, welcher fand, daß man Eisen und Kupfer anwenden kann. Bell und Tainter entdeckten, daß auch Messing, obgleich es von Selen chemisch angegriffen wird, ein vortrefflich geeignetes Material bildet, und sie glauben, daß wenn Selen angewandt wird in Verbindung mit Metallen,

auf welche es nicht chemisch einwirkt, der Berührungspunkt zwischen dem Selen und dem Metalle einen beträchtlichen Widerstand für den Durchgang des galvanischen Stromes bildet.

Ueber die Art der Verwendung des Selens machte Bell in seinem Vortrage folgende Angaben. Die Zelle wird erhitzt und, wenn sie heiß genug ist, wird mit einem Stück Selen über die Oberfläche gestrichen. Um Leitungsfähigkeit und Empfindlichkeit zu erhalten, muß das Selen demnächst einem Erhitzungsproceß unterworfen werden. Derselbe erfolgt einfach über einer Gasflamme, wobei das Aussehen des Selens beobachtet wird. Sobald es eine gewisse Temperatur erreicht, wird seine glänzende Oberfläche matt. Allmählich breitet sich eine Trübung über dieselbe aus, ungefähr vergleichbar der Dunstschicht, die beim Anhauchen eines Spiegels erzeugt wird. Diese Erscheinung wird nach und nach stärker, und bald erscheint die ganze Oberfläche in dem metallischen, granulirten oder krystallinischen Zustande. Die Zelle kann dann von dem Brenner weggenommen und auf passende Weise abgekühlt werden. Wird der Erhitzungsproceß zu weit getrieben, so sieht man das krystallinische Selen schmelzen. Die besten Resultate werden erhalten, wenn man das Selen erhitzt bis es krystallisirt und nun mit der Erhitzung fortfährt, bis Zeichen des Schmelzens erscheinen, worauf das Gas unmittelbar abgestellt wird. Die Theile, welche geschmolzen waren, krystallisiren augenblicklich wieder, und das Selen erweist sich beim Erkalten als ein Leiter und als lichtempfindlich. Die ganze Operation nimmt nur wenige Minuten in Anspruch. Die Methode hat nicht nur den Vorzug der Bequemlichkeit, sondern sie zeigt auch, daß manche der auf diesen Gegenstand bezüglichen Theorien falsch sind. So zeigt sie, daß eine Schmelzung unnöthig ist, daß Leitungsfähigkeit und Lichtempfindlichkeit ohne lange Erhitzung und langsame Abkühlung erhalten werden können, und daß die Krystallisation während des Erhitzungsprocesses stattfindet. Bell giebt an, daß wenn man die Wärmequelle unmittelbar beim Erscheinen der Trübung entfernt, deutliche und getrennte Krystalle unterm Mikroskop beobachtet werden können, welche wie bleifarbene Schneeflocken auf rubinrothem Hintergrunde aussehen. Bei Entfernung der Wärmequelle, nachdem die Krystallisation weiter fortgeschritten ist, werden

unterm Mikroskop Massen dieser Krystalle beobachtet, die wie Basaltsäulen von einander getrennt dastehen, und bei einem noch höhern Grade der Erhitzung sind keine deutlichen Säulen mehr erkennbar, sondern die ganze Masse gleicht einem metallischen Puddelstein, in welchem hier und da, gleich einem Fossil, eine einzelne Flecke auf der Oberfläche sichtbar ist. Selenkrystalle, die bei langsamer Abkühlung nach der Schmelzung gebildet wurden, gewähren ein ganz anderes Aussehen, indem sie bestimmte Facetten zeigen.

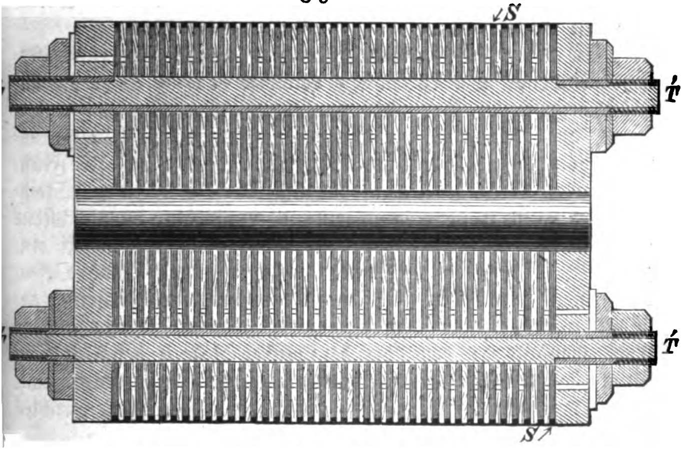
Bell hat später eine genauere Beschreibung der Selenzellen gegeben,[1]) die im Vorstehenden erwähnt wurden. Bei der Anordnung derselben mußte wesentlich mit darauf gesehen werden, die Oberfläche des Selens, welche den undulirenden Lichtstrahl auffängt, möglichst zu vergrößern. Diejenige Anordnung, bei welcher Bell und Tainter nach mancherlei Versuchen zuletzt stehen blieben, besteht aus einer Anzahl kreisförmiger Messing- und Glimmerscheiben, die dicht an einander gelegt sind. Die Messingscheiben haben ungefähr 2 Zoll (5 Centim.), die Glimmerscheiben etwas weniger Durchmesser. Es bleibt daher am Rande ein ringförmiger Raum zwischen je zwei Messingscheiben, der auf die angegebene Weise mit Selen ausgefüllt wird, so daß jeder Selenring zwischen zwei Messingscheiben liegt und der Strom nirgends eine dicke Selenschicht zu durchlaufen hat. Das Ganze hat etwa 2½ Zoll (6,4 Centim.) Länge. Ferner sind alle Messingscheiben gerader Ordnung unter sich und mit dem einen Stromleiter, und ebenso alle Messingscheiben ungerader Ordnung unter sich und mit dem andern Leiter verbunden. Fig. 18 zeigt eine solche Zelle im Längsdurchschnitt, Fig. 19 aber in schematischer Weise die Verbindung der Messingscheiben unter sich und mit den Stromleitern der Batterie P; T ist das in den Stromkreis eingeschaltete Telephon. Diese Zelle wird in die Achse eines parabolischen Hohlspiegels gebracht, auf den das parallele Bündel undulirender Lichtstrahlen fällt, und zwar in den Brennpunkt. Bei einer solchen Zelle erfüllte das Selen 0,6 der ganzen Cylinderfläche und der Widerstand betrug im Lichte 600, im Dunkeln 1200 Einheiten.

---

1) Rev. industrielle, 27. Octbr. 1870, p. 422; Nature XXIII, p. 15.

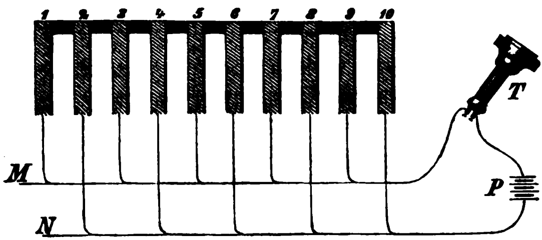
Ganz ähnlich sind auch die von Antoine Bréguet angegebenen cylindrischen Selenzellen. Eine solche besteht aus sechs Messingscheiben, die unter Zwischenschaltung von etwas

Fig. 18.



kleineren Glimmerblättern zusammengeschraubt werden. Das ganze System ist achsial durchbohrt und auf eine Achse gesteckt, mit welcher es in dem parabolischen Reflektor angebracht wird. Die Messingplatten sind außerdem noch an zwei gegenüber=

Fig. 19.



iegenden seitlichen Stellen, und zwar abwechselnd in ungleicher eise durchbohrt. Zwei in die Durchbohrungen eingesetzte etallstäbe mit Klemmschrauben verbinden so die abwechselnden

Platten unter einander und mit den Polen einer Säule von sechs Leclanché'schen Elementen. Das Selen in den ringförmigen Räumen zwischen den Messing- und Glimmerplatten erfüllt 60 Procent des Cylindermantels. Der ganze Apparat hat 10 Centim. Höhe und 3 Centim. Durchmesser; sein Widerstand ist 600 Ohm.

In anderer Weise werden nach Prof. Weinhold in Chemnitz cylindrische Selenzellen (zu beziehen von G. Lorenz daselbst) hergestellt.[1]) Auf eine etwa fingerstarke, einige Centimeter lange, an jedem Ende mit einem Glaszapfen versehene Glasröhre von etwa 1,5 Millim. Wandstärke werden mittels Flußsäure zwei Schraubenlinien von ungefähr 0,8 Millim. Steighöhe geäzt und in diese dann feine Messingdrähte von höchstens 0,3 Millim. Durchmesser, die sich nicht berühren, straff eingewickelt. Dieselben bekommen an dem einen Ende Oesen, mit denen sie an den Zapfen an dem einen Röhrenende gehängt werden; nach dem Aufwickeln werden sie am andern Ende ebenfalls an den dort befindlichen Zapfen befestigt; ein Stück von einigen Centimetern Länge zur Verbindung mit einer Klemmschraube läßt man am zweiten Ende des Drahtes stehen.

In den schmalen Zwischenraum zwischen den Drähten wird nun das Selen eingeschmolzen. Diese Operation muß mit großer Sorgfalt vorgenommen werden. Denn erhitzt man zu lange oder zu stark, so bekommt man eine Zelle, die zwar sehr gut leitet, für die Einwirkung des Lichtes aber unempfindlich ist; erhitzt man aber die Glasröhre mit den Messingdrähten zu wenig, so daß das daraufgebrachte Selen nicht rasch schmilzt, so wird dasselbe krystallinisch, bevor es am Messing haftet, und muß dann zu stark erhitzt werden, um wieder zu schmelzen. Als ziemlich sicher zum Ziele führend empfiehlt Weinhold folgendes Verfahren: Die Glasröhre wird auf eine kleine, mit einer Kurbel versehene Achse aufgesteckt, gedreht und durch eine unter ihr hin und her geführte Gasflamme soweit erwärmt, daß das blanke Messing eben anfängt, sich etwas dunkler zu färben. Hierauf wird die Gasflamme entfernt und ein 4 bis 5 Millimeter dickes Selenstäbchen mit

1) Elektrotechn. Zeitschr. December 1880, S. 423.

schwachem Druck längs der Röhre hingeführt, während man diese mittels der Kurbel ziemlich rasch dreht; dabei muß, wenn die Temperatur richtig getroffen ist, das ganze Präparat sich sofort mit einer gleichmäßig dünnen Selenschicht bekleiden, die unmittelbar darauf erstarrt, und zwar gewöhnlich gleich krystallinisch. Ist letzteres nicht vollständig der Fall, so läßt man das Präparat erkalten und erwärmt es in einem schwach geheizten Luftbade langsam auf etwa 180°, wodurch das Selen in den gewünschten Zustand übergeführt wird.

Um aus der granulirten Form Selenstäbchen herzustellen, falls sie nicht direct im Handel zu haben sind, giebt Weinhold die Vorschrift, das granulirte Selen rasch zum Schmelzen zu erwärmen und rasch wieder erkalten zu lassen; es wird dann vor dem völligen Erkalten plastisch wie erwärmter Siegellack und man kann leicht Stäbchen zwischen den Fingern rollen.

Die so erhaltenen Selenzellen haben 300 bis 500 Siemens-Einheiten Widerstand im Dunkeln, aber etwas weniger als halb soviel bei einseitiger Beleuchtung durch eine ganz nahe Gasflamme, bei allseitiger Beleuchtung noch weniger. Durch Veränderung der Dimensionen läßt sich die Größe des Widerstandes beliebig ändern, wie es gerade dem Bedürfniß entspricht. Bedeutet S den Widerstand des Selens im Dunkeln, n das Verhältniß zwischen dem Widerstand im beleuchteten und unbeleuchteten Zustande, und C die Summe der constanten Widerstände, so ergiebt sich die stärkste Aenderung der Stromintensität für

$$S = \frac{C}{\sqrt{n}}.$$

In ähnlicher Weise wie Weinhold stellt Andrew Jamieson, Vorsteher des mechanischen Instituts in Glasgow, die Selenzelle her.[1]) Auf eine Glasplatte oder eine Glasröhre von etwa $2^1/_2$ Centim. Durchmesser und ungefähr der dreifachen Länge sind dicht neben einander zwei parallele mit Seide oder Baumwolle übersponnene Kupferdrähte Nr. 25 der britischen Drahtlehre aufgewickelt. Auf die Mitte der Drahtrolle wird dann ein heißes Eisen aufgesetzt, so daß die isolirende Umhüllung der Drähte abbrennt; dann reinigt man

1) Nature XXIII, p. 589.

die entblößten Drähte, erhitzt das Ganze auf die gehörige Temperatur und bringt nachher glasiges Selen auf die Drähte, welches die durch Entfernung der Seidenhülle entstandenen Zwischenräume ausfüllt. Das Selen wird hierauf noch angelassen, um es besser leitend zu machen. Eine derartige Zelle, und zwar eine ebene, zeigte im Finstern 5740, im Licht aber 3440 Ohm Widerstand, bei andern war derselbe weit geringer, eine zeigte blos 500 Ohm im Finstern.

Auch Shelford Bidwell's Selenzelle 1) hat eine ähnliche Einrichtung; statt eines Glascylinders kommt aber bei ihr ein Glimmerplättchen von 2½ Zoll Länge und ¾ Zoll Breite in Anwendung. Auf dasselbe sind zwei Kupferdrähte Nr. 40 in Form flacher Schrauben von 1/16 Zoll Ganghöhe aufgewunden; die Enden sind in Löchern an den Enden des Plättchens befestigt. Ehe man das Selen in die Zwischenräume bringt, überzeugt man sich mittels eines Galvanometers, daß keine leitende Verbindung zwischen den beiden Drähten vorhanden ist. Für das Auftragen des Selens räth Bidwell, auf den obern Ring eines Retortenhalters ein etwa 1/16 Zoll dickes Messingblech und darauf ein Glimmerplättchen, dicht darunter aber einen Bunsen'schen Gasbrenner mittler Größe zu bringen. Auf das Glimmerplättchen wird nun die Zelle gelegt und durch ein Paar an den Enden aufgesetzte kleine Gewichte in dichte Berührung mit ihr gebracht. Dann schmilzt man einige Körner glasigen Selens in einem kleinen Löffel und läßt einige Tropfen auf die Zelle fallen, wo man das geschmolzene Selen mit einem Glimmerstückchen ausbreitet und zwischen die Drähte drückt. Die Temperatur muß während dieses Vorganges sehr sorgfältig regulirt werden. Sobald die Oberfläche glatt erscheint, nimmt man die Zelle mit einer Pincette rasch weg und läßt sie erkalten. Die Oberfläche ist dann glatt und glänzend. Bezüglich des nun folgenden Anlassens (Temperns) der Zelle, weicht Bidwell's Vorschrift von der Bell'schen einigermaßen ab. Ersterer findet es nämlich vortheilhaft für die Lichtempfindlichkeit des Selens, wenn die Erhitzung lange andauert und die Abkühlung langsam erfolgt. Er schreibt deshalb vor, die erkaltete Zelle auf das erwähnte

1) Nature XXIII, p. 59.

Messingblech, das ebenfalls erkaltet ist, zu legen und den Brenner recht tief darunter zu stellen. Das Selen beginnt dann bald zu krystallisiren, was man an dem matten, bleifarbenen Aussehen seiner Oberfläche erkennt. Hat nach 5 Minuten die Krystallisation noch nicht begonnen, so muß der Brenner etwas höher gestellt werden. Nach 5 bis 10 Minuten muß das ganze Selen krystallisirt sein. Der Brenner wird dann allmählich höher gestellt, bis sich Spuren von Schmelzung zeigen, was bei einer Entfernung der Flamme von etwa 3 Zoll vom Messing stattfindet. Dann wird der Brenner rasch zurückgezogen, worauf binnen 10 Secunden die Krystallisation wieder beginnt. Nun wird der Brenner 1/2 Zoll unterhalb der Stelle festgestellt, bei welcher das Schmelzen eintrat und man läßt das Ganze etwa 4 Stunden so stehen, indem man sich nur von Zeit zu Zeit einmal überzeugt, daß nicht etwa in Folge der Vergrößerung des Gasdruckes die Hitze zu groß geworden ist. Nach Ablauf dieser Zeit läßt man die Abkühlung eintreten, indem man den Brenner 1 bis 2 Zoll tiefer stellt und diese Operation alle 10 oder 15 Minuten wiederholt, bis der Brenner in seiner tiefsten Stellung ist. Dann verkleinert man allmählich die Gasflamme, bis sie ganz auslöscht, und nachdem das Messingblech völlig erkaltet ist, kann man die Zelle wegnehmen.

Bell und Tainter haben für manche Zwecke auch eine flache Selenzelle auf folgende Weise construirt. Sie nehmen zwei kupferne Teller, von denen der eine eine größere Anzahl vorstehender Zapfen besitzt, welche beim Verschrauben beider Teller in entsprechende kreisrunde Löcher des anderen Tellers eintreten, ohne sie aber ganz auszufüllen. Wenn die Teller unter Dazwischenlegung eines Isolirmittels verschraubt sind, so werden sie auf eine Glasplatte gelegt, auf welcher sich eine Lage geschmolzenen Selens befindet. Da hierbei der Teller mit den Löchern zu unterst gelegt ist, so dringt das Selen in die ringförmigen Zwischenräume rings um die Zapfen ein und stellt so einen Stromweg von einem Teller zum anderen her. Durch entsprechende Aushöhlung des zweiten Tellers ist dafür gesorgt, daß die Dicke der Selenringe gegen den ersten Teller hin zunimmt, damit der Strom an der freien Oberfläche des zweiten Tellers den geringsten Widerstand findet. Eine solche

Selenzelle, bei welcher das Selen 0,11 der ganzen Scheibenoberfläche bildete, besaß im Dunkeln 300, im Lichte 155 Einheiten Widerstand.

Nachdem wir verschiedene Formen des photophonischen Empfangsapparates kennen gelernt haben, müssen wir uns nun mit dem Absendeapparat oder dem photophonischen Geber beschäftigen. Bell giebt in dem erwähnten Vortrage an, daß er in Verbindung mit Tainter gegen 50 verschiedene Apparate entworfen habe, um einen Lichtstrahl in der erforderlichen Weise zu ändern. Entweder kann die Lichtquelle selbst beeinflußt oder es kann auch ein an sich unveränderliches Lichtbündel an irgend einem Punkte seines Weges geändert werden.

Von besonderem Interesse ist das Verfahren, polarisirtes Licht durch ein elektromagnetisches Feld gehen zu lassen und dasselbe durch abwechselnd größere und geringere Drehung der Polarisationsebene zu verändern und ihm den undulirenden Charakter zu verleihen. In den Stromkreis des Elektromagneten ist bei dieser Anordnung ein Mikrophon eingeschalten, und wenn man gegen dieses spricht, so entstehen Schwankungen der Stromstärke, also auch Schwankungen der Intensität des Magnetismus. Der Elektromagnet wirkt aber auf ein aus einem Nicol'schen Prisma austretendes Strahlenbüschel; auf dem Wege nach dem Analysator dreht sich demgemäß die Polarisationsebene mehr oder weniger, und das aus dem Analysator austretende Licht ist dementsprechend mehr oder minder geschwächt. Fällt nun dieses Licht auf eine Selenzelle, die mit einem Telephon in dem Stromkreis einer Batterie eingeschaltet ist, so wird die Intensität des Stromes raschen Wechseln unterliegen und die Platte des Telephons in Schwingungen gerathen.

Ein anderes Verfahren, das Strahlenbündel zu beeinflussen, besteht darin, dasselbe durch eine Linse von veränderlicher Brennweite fallen zu lassen. Die von Bell und Tainter benutzte Linse hatte eine ähnliche Einrichtung wie eine später von Dr. Cusco zur Erläuterung der Formänderungen der Krystalllinse des Auges construirte.[1]) Diese letztere wird gebildet von zwei dünnen ebenen Glasplatten, welche in paralleler

1) La Nature, 19. juin 1880.

Lage in die gegenüberliegenden Wandungen eines Gefäßes eingesetzt sind, das sich am oberen Ende einer verticalen Röhre befindet. Durch einen Kautschukschlauch steht der mit Flüssigkeit gefüllte innere Raum des Gefäßes in Verbindung mit einem Kautschukballon oder mit einem Gefäße, das man höher oder tiefer stellen kann. Durch höhere Stellung des Gefäßes oder durch Zusammendrückung des Ballons wird der Druck auf die Flüssigkeit gesteigert, und während die Glasplatten eben sind, wenn inwendig gewöhnlicher Atmosphärendruck, wie auf der Außenseite, wirkt, werden sie sich nach außen biegen und eine Biconvexlinse bilden, sobald der Druck vermehrt wird; dagegen werden sie, wenn durch tiefere Stellung des beweglichen Gefäßes der Druck zwischen den Glastafeln unter den Atmosphärendruck sinkt, sich nach innen biegen, so daß eine biconcave Linse entsteht. An einem Manometer, das mit dem Innern der Röhre communicirt, wird die Größe des inneren Druckes gemessen. Eine ähnliche Linse für ein optisches Auge, von dem Mechaniker R. Jung in Heidelberg nach den Angaben des dortigen Professors Kühne gefertigt, war übrigens schon 1877 in Carlsruhe ausgestellt.

Etwas Näheres über die Art der Verwendung einer derartigen Linse zu seinen photophonischen Experimenten hat übrigens Bell nicht angegeben.

Als die beste und einfachste Form des Apparates zur Hervorbringung der erwähnten Wirkung bezeichnet aber Bell die in umstehender Skizze (Fig. 20) dargestellte. Dieselbe besteht aus einem ebenen Spiegel (B) von biegsamem Material, wie versilberter Glimmer oder Mikroskopglas. Gegen die Rückseite dieses Spiegels ist die Stimme des Sprechenden gerichtet. Das Licht, welches vom Spiegel reflectirt wird, kommt so in Schwingungen, die denen des Diaphragma selbst entsprechen.

Wenn man den Apparat für den Zweck anordnet, den Schall an einem entlegenen Orte zu reproduciren, so kann irgend eine kräftige Lichtquelle benutzt werden; Bell und Tainter haben indessen hauptsächlich mit Sonnenlicht experimentirt. Zu dem Zwecke wird vermittels einer Linse A ein kräftiges Strahlenbündel auf den Diaphragmaspiegel concentrirt und dann nach erfolgter Reflexion durch eine andere Linse C wieder parallel gemacht. Auf einer entlegenen Station wird

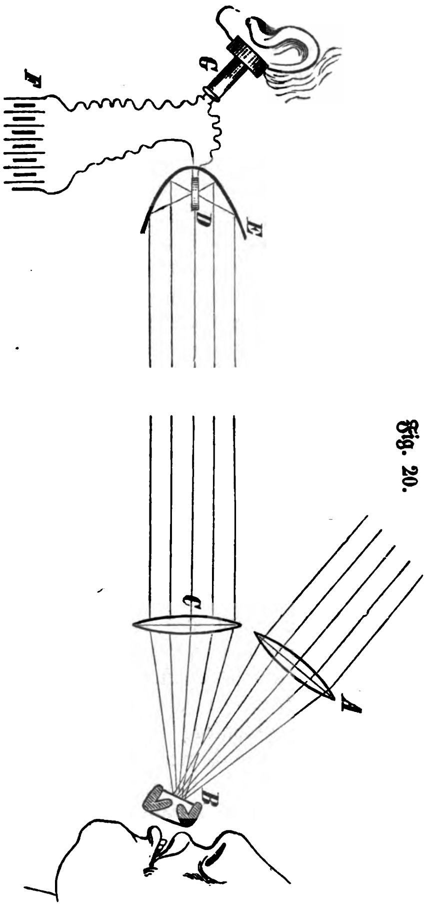


Fig. 20.

das Strahlenbündel von einem parabolischen Reflector E aufgenommen, in dessen Brennpunkt eine empfindliche Selenzelle D aufgestellt ist, die mit dem Localstrom einer Batterie F und einem Telephon G verbunden ist. Es sind mit diesem Apparat eine große Anzahl Versuche angestellt worden, wobei der Absendungs- und Empfangsapparat soweit von einander entfernt waren, daß der Schall nicht direct durch die Luft gehört werden konnte. Bei einem der bemerkenswerthesten von diesen Versuchen handhabte Tainter das Absendungsinstrument, welches auf dem Thurme des Franklinschulgebäudes in Washington aufgestellt war, während der empfindliche Empfänger sich in einem der Fenster von Bell's Laboratorium, 1325 L Straße, in einer Entfernung von 213 Meter befand. Als Bell das Telephon an sein Ohr brachte, hörte er deutlich von dem beleuchteten Empfänger die Worte: „Herr Bell, wenn Sie hören, was

ich sage, so kommen Sie ans Fenster und schwenken Sie Ihren Hut."

Bei Laboratoriumversuchen sind die Absendungs- und Empfangsapparate nothwendigerweise in Hörweite von einander aufgestellt, und Bell und Tainter pflegten daher den mit dem Selenempfänger verbundenen Stromkreis zu verlängern und das Telephon in ein anderes Zimmer zu verlegen. Bei diesen Experimenten fanden sie, daß articulirte Rede von Hydrooxygenlicht und selbst vom Licht einer Kerosenlampe reproducirt werden kann. Die lautesten durch Licht zu erhaltenden Wirkungen wurden durch schnelle Unterbrechung des Strahles mittels einer rotirenden durchbohrten Scheibe erhalten. Der große Vortheil, den diese Form des Apparates für die Ausführung des Experimentes darbietet, liegt in der Geräuschlosigkeit der Rotation, die es gestattet, den Empfangsapparat dicht an den Absendeapparat heranzubringen, ohne die Hörbarkeit der Wirkung zu beeinträchtigen; vom Empfangsapparate gehen nämlich musikalische Töne aus, während der Absender keinen Schall verursacht. Eine stumme Bewegung bewirkt so einen Schall. Auf diesem Wege haben Bell und Tainter musikalische Töne selbst durch das Licht einer Kerze erregt.

Um Effekte auf größere Entfernungen zu erhalten, stellten sie nahe vor die rotirende Ebene einen kleinen undurchsichtigen Schirm, der an dem längeren Arme eines zweiarmigen Hebels angebracht war; durch einen Druck auf den andern Hebelarm ließ sich dieser Schirm beliebig versetzen oder auch entfernen, und es konnten so längere oder kürzere musikalische Signale gleich den Strichen und Punkten des Morse-Alphabetes auf der entlegenen Empfangsstation erzeugt werden.

Bell und Tainter haben ferner Versuche angestellt, um die Natur der Strahlen festzustellen, welche Selen afficiren. Zu dem Zwecke stellten sie in den Weg des intermittirenden Strahles verschiedene absorbirende Substanzen, bei welchen Experimenten Professor Croß seinen Beistand gewährte. Eine Lösung von Alaun oder Schwefelkohlenstoff vermindert die Stärke des von dem intermittirenden Strahle erzeugten Schalles nur ganz wenig; eine Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff dagegen vernichtet den größten Theil der Wirkung. Selbst

ein scheinbar undurchsichtiges Blatt Hartkautschuk vernichtet nicht vollständig die Wirkung. Wurde ein solches Blatt Hartkautschuk nahe an die Unterbrechungsscheibe gehalten, so unterbrach die Rotation der Scheibe Etwas, was dann ein unsichtbarer Strahl war, der einen Weg von ungefähr 12 Fuß zurücklegte, bevor er die Linse erreichte, die ihn schließlich concentrirte und auf die Selenzelle projicirte; gleichwohl gab das mit der Zelle verbundene Telephon einen völlig wahrnehmbaren, wenn auch schwachen musikalischen Ton, welcher durch Dazwischenhalten der Hand willkürlich unterbrochen werden konnte. Bei diesem Versuche waren nicht Lichtstrahlen wirksam, denn man kann sich nicht denken, daß es gebeugte Strahlen waren, die das Selen afficirten, da die Wirkung durch zwei Blätter von Hartkautschuk hindurch erfolgte, die eine gesättigte Alaunlösung zwischen sich hatten. Es war also hier eine andere, und zwar eine unsichtbare Form strahlender Energie thätig. Wenn gleichwohl Bell und Tainter ihren Apparat mit dem Namen „Photophon" bezeichnen, so entschuldigen sie dies mit dem Umstande, daß ein gewöhnlicher Lichtstrahl die Strahlen enthält, welche in diesem Apparate wirksam sind.

Bell hat aber in seinem Vortrage noch auf eine andere Klasse von Erscheinungen aufmerksam gemacht. Es ist eine bekannte Thatsache, daß die molekulare Störung, die in einer Eisenmasse durch den magnetisirenden Einfluß eines intermittirenden elektrischen Stromes hervorgerufen wird, als ein Schall beobachtet werden kann, wenn man das Ohr nahe an das Eisen bringt; bekanntlich gründet sich darauf die Einrichtung des Reis'schen Telephons. Bell und Tainter kamen nun auf den Gedanken, daß in ähnlicher Weise auch die molekulare Störung, die in krystallinischem Selen durch die Wirkung eines intermittirenden Lichtstrahles hervorgerufen wird, ohne Hilfe eines Telephons oder einer Batterie hörbar sein möchte. Nach mancherlei unentschiedenen Versuchen wandte Bell mit bestem Erfolg ein Blatt Hartkautschuk an. Er hielt dasselbe dicht an sein Ohr, während ein Strahl intermittirenden Lichtes durch eine Linse auf das erstere geworfen wurde, und augenblicklich war auch ein bestimmter musikalischer Ton zu hören. Die Wirkung wurde

noch verstärkt, als das Blatt Hartkautschuk als Diaphragma benutzt wurde und der Experimentator durch ein Höhrrohr lauschte. Eine ähnliche, aber weniger intensive Wirkung, wurde darauf mittels einer dünnen Scheibe von krystallisirtem Selen erhalten. Bell und Tainter nuntersuchten nun noch eine Menge anderer Substanzen, als Gold, Silber, Platin, Eisen, Stahl, Kupfer, Zink, Blei, Antimon, Messing, Neusilber und andere Metalllegirungen, Elfenbein, Celluloid, Guttapercha, Hartkautschuk, weichen vulkanisirten Kautschuk, Papier, Pergament, Holz, Glimmer rc., und bei allen, mit Ausnahme von Kohle und dünnem Glas, erhielten sie Töne. Diese waren indessen von verschiedener Stärke je nach der Substanz, die angewandt wurde: am lautesten waren sie beim Antimon und demnächst beim Hartkautschuk, am schwächsten bei Papier und Glimmer. Die Substanzen wurden meist in Form dünner Diaphragmen angewandt; doch erhielt man bei einigen (vulkanisirter Kautschuk, Messing und Holz), die gerade in Röhrenform zu Gebote standen, auch in dieser Form gute Resultate.

Bald nach dem Bekanntwerden der Bell'schen Versuche wurden dieselben von Bréguet in Paris wiederholt, und dieser fand,[1]) daß es gar keines besondern Empfängers bedarf, vielmehr genügt, die intermittirenden Lichtstrahlen direct in den äußern Gehörgang fallen zu lassen, um einen Ton zu hören, dessen Höhe von der Zahl der Intermittenzen in einer Secunde abhängt.

Wir haben es hier jedenfalls mit einer Erscheinung anderer Art zu thun, als bei dem Selenphotophon, das ein Photophon im eigentlichen Sinne ist, in welchem das Licht als solches wirkt. Mit dem näheren Studium der Erscheinung, daß ein intermittirender Strahl, der auf eine dünne Platte fällt, einen Ton erzeugt, hat sich zunächst E. Mercadier in Paris beschäftigt.[2]) Um diese Erscheinung von der durch Einwirkung des Lichtes auf Selen erzeugten zu unterscheiden, hat Mercadier für den Gegenstand seiner Untersuchung den Namen Radiophonie (von radius, Strahl)

1) Comptes rendus, Vol. 91, p. 595.
2) Dies., Vol. 91, p. 929, 982.

vorgeschlagen, welcher es zunächst unentschieden läßt, von welcher Art die Strahlen sind, die bei der in Rede stehenden Erscheinung wirken, ob Licht=, Wärme= oder aktinische (chemisch wirkende) Strahlen. Aus den Bell'schen Versuchen ergiebt sich zunächst, daß dunkelfarbige und undurchsichtige Substanzen mit matten Oberflächen und solche, welche, wie Zink und Antimon, hohe Wärme=Ausdehnungscoëfficienten besitzen, unter übrigens gleichen Umständen die besten Effecte geben, was dafür spricht, daß man es mit Wärmeeffecten zu thun hat, wobei die Möglichkeit vorhanden ist, daß Strahlen irgend welcher Art von den betreffenden Substanzen absorbirt und in Wärme umgesetzt werden. Daß keine auf die Substanzen auffallenden Wärmestrahlen nöthig sind, zeigt der Bell'sche Versuch, bei welchem er eine Schicht Alaunlösung in den Weg des intermittirenden Lichtstrahles stellte, welche die ultrarothen Wärmestrahlen absorbirte.

Mercadier bewirkte bei seinen Versuchen die regelmäßige Unterbrechung des Lichtstrahles nicht durch ein am Rande mit Löchern versehenes Rad, weil bei einem solchen Geräusche in Folge der Reibung der Luft gegen die Ränder des Rades nicht zu vermeiden ist, sondern er benutzte eine solide Glasscheibe und beklebte sie mit schwarzem Papier, das concentrisch vier Reihen mit 40, 50, 60 und 80 Löchern besaß, durch welche das Licht bei der Rotation der Scheibe fiel. Je nachdem man den Lichtstrahl durch die eine oder durch die andere Löcherreihe sendet, wird die Zahl der Intermittenzen in der Secunde bei gleicher Rotationsgeschwindigkeit eine andere.

Als Empfänger diente eine Platte, die mittels eines aufgeschobenen und etwas übergreifenden Ringes an dem Rande eines Hörrohres befestigt war, so daß man leicht die Platten wechseln konnte.

Mercadier kam nun durch seine Versuche zu folgenden Hauptergebnissen:

1. Die Radiophonie scheint nicht daher zu rühren, daß die empfangende Platte wie eine gewöhnliche elastische vibrirende Platte als ein Ganzes in transversale Schwingungen geräth. Es zeigte sich nämlich, daß eine und dieselbe Platte die ver=

schiedensten Töne vom tiefsten bis zum höchsten besaß; bei den Versuchen wurde bis zu Tönen mit 1600 Doppelschwingungen in der Secunde gegangen. Wenn man ferner den Lichtstrahl, welcher den Ton erzeugte, durch eine Cylinderlinse linear ausdehnte und durch mehrere Löcherreihen schickte, so gab dieselbe Platte Accorde von allen möglichen Tönen. Solche Erscheinungen trifft man bei keiner transversal schwingenden Platte an.

Ferner fand Mercadier, daß man Dicke und Breite der empfangenden Platte innerhalb gewisser Grenzen ändern kann, ohne daß der Ton nach Intensität oder Qualität geändert wird. Bei durchsichtigen Substanzen, wie Glimmer und Glas, sind diese Grenzen ziemlich weit: Glasplatten von 1/2 Millim. und 3 Centim. Dicke gaben gleich laute Töne. Bei undurchsichtigen Stoffen nahm dagegen die Intensität merklich zu mit abnehmender Dicke der Platten; bei 5 Millim. Dicke gaben undurchsichtige Platten keinen Ton mehr. Andererseits erhielt man bei Platten von Glas, Kupfer und Aluminium wesentlich dieselbe Wirkung in zersprungenem wie in ganzem Zustande.

2. **Auch die molekulare Structur der empfangenden Scheibe scheint keinen wesentlichen Einfluß auf den erzeugten Ton auszuüben**, denn Scheiben von ähnlicher Dicke und Oberflächenbeschaffenheit geben Töne von derselben Höhe, gleichgültig aus welchem Stoffe sie bestehen.

3. **Die radiophonischen Töne entstehen durch directe Wirkung der Strahlung auf die empfangenden Substanzen**; denn die Intensität des Schalles ist direct proportional der Menge der auffallenden Strahlen, und wenn man einen polarisirten Strahl auffallen läßt und als Empfänger ein dünnes Blättchen einer Substanz anwendet, die selbst als Polarisator oder Analysator dienen kann, wie Turmalin, so zeigen die erhaltenen Töne bei einer Drehung des Analysators Schwankungen der Intensität; diese ist am größten, wenn das durchgehende Licht am schwächsten ist.

4. **Die Erscheinung scheint hauptsächlich von einer Wirkung auf der Oberfläche der empfangenden Platte herzurühren.** Die Stärke des Schalles

hängt nämlich wesentlich von der Beschaffenheit der Oberfläche ab: alles was deren Reflexionsfähigkeit vermindert und ihre Absorptionsfähigkeit vermehrt, erhöht die Intensität des Tones. Rauhe oder mit einer Oxydschicht bedeckte Oberflächen sind daher vorzugsweise geeignet; auch ist es zweckmäßig, die empfangende Oberfläche mit schwarzen, pulverförmigen Niederschlägen, als Tusche, Platinschwarz, am besten aber mit Lampenruß, zu bedecken. Die Wirkung einer Rußschicht zeigt sich besonders bei sehr dünnen Scheiben von 0,1 bis 0,2 Millim. Stärke von Zink, Glas oder Glimmer. Bei undurchsichtigen Scheiben ist die Wirkung um so größer, je dünner sie sind, und es lassen sich mit berußter Kupfer-, Aluminium-, Platin-, und besonders Zinkfolie von 0,05 Millim. Dicke sehr laute Töne erhalten; doch übt die Berußung nur auf der dem Licht zugekehrten Seite eine Wirkung aus, wird sie dem Ohr zugekehrt, so ist sie ganz unwirksam. Es ist zu beachten, daß auch Stoffe wie Papier, die an sich unter dem Einfluß eines intermittirenden Lichtstrahles keinen Ton geben, dies thun, wenn man sie mit Ruß bedeckt.

5. Die radiophonischen Wirkungen sind verhältnißmäßig sehr intensiv; sie lassen sich nicht nur mit Sonnenlicht, sondern unter Benutzung sehr empfindlicher Empfänger auch mit künstlichem Licht, mit elektrischem und Drummond'schem Kalklicht, mit dem Licht einer Gas- oder Petroleumflamme und demjenigen einer Platinspirale, die durch einen Bunsen'schen Brenner erhitzt wird, erhalten.

6. Die radiophonischen Wirkungen scheinen hauptsächlich durch Strahlen von großer Wellenlänge oder Wärmestrahlen erzeugt zu werden. Mercadier wies dies dadurch nach, daß er das durch eine Batterie von 50 Bunsen'schen Elementen erzeugte intermittirende Lichtbüschel durch ein Prisma zu einem 5 bis 6 Centim. langen Spectrum zerlegte, das auf einen Schirm fiel, durch dessen Oeffnung nur ein Theil nach dem dahinter liegenden empfindlichen Empfänger gelangen konnte. Es zeigte sich nun, daß kein Ton erregt wurde in dem Theil des Spectrums, der sich vom Ultraviolett bis zum Gelb erstreckt; der Ton begann hörbar zu werden bei den orange Strahlen, wurde intensiver in den rothen Strahlen, und erreichte seine größte Stärke an

der Grenze der sichtbaren rothen und der unsichtbaren Strahlen jenseits des Roth, worauf er schnell wieder schwächer wurde. Dasselbe Ergebniß wurde mit verschiedenen Empfängern erhalten, mit berußtem Glas, Platin und Zink. Da nun Adams nachgewiesen hat, daß es die Strahlen aus den gelben und grüngelben Partien des Spectrums sind, welche die Leitungsfähigkeit des Selens in dem Bell'schen Photophon afficiren, so ist die verschiedene Natur der von Mercadier mit dem Namen Radiophonie und der im Bell'schen Photophon zu Tage tretenden Erscheinungen deutlich erwiesen. Bestimmter könnte man die von Mercadier untersuchten Phänomene mit dem Namen Thermophonie bezeichnen.

Daß es in der That Wärmestrahlen sind, welche diese Erscheinungen hervorrufen, geht recht deutlich aus dem folgenden Versuche Mercadiers hervor: Vor der Scheibe, welche die Strahlen unterbrach, stand eine ungefähr 2 Millim. dicke Kupferscheibe, die an der hintern Seite durch eine Gasflamme erhitzt wurde. Als die Scheibe dunkelroth glühte, hörte man die radiophonischen Töne ganz deutlich; aber dies dauerte auch noch so fort, als die Flamme ausgelöscht worden und die Scheibe soweit erkaltet war, daß man sie im Dunkeln nicht mehr sehen konnte.

Eine Bestätigung der Ansicht, daß wir es in den radiophonischen Tönen mit einer thermischen Wirkung zu thun haben, liefert auch ein Versuch, den Professor C. Röntgen in Gießen im November vorigen Jahres angestellt hat.[1]) Derselbe ließ die intermittirenden Strahlen nicht auf einen festen Körper, sondern auf ein Glas fallen und erhielt auch auf solche Weise Töne. Er benutzte dazu den Apparat, dessen er sich seit längerer Zeit zur Demonstration der verschiedenen Absorptionsfähigkeit der Gase für Wärmestrahlen bedient. Derselbe besteht aus einer etwa 4 Centim. weiten und 40 Centim. langen horizontalen Glasröhre, die auf beiden Seiten durch Steinsalzplatten geschlossen ist. In der Mitte hat diese Röhre zwei diametral gegenüberstehende Durchbohrungen, von denen die obere mit einem durch einen Hahn verschließbaren Glas-

---

1) 20. Bericht der Oberhessischen Ges. für Natur- und Heilkunde. — Wiedemann's Ann. Bd. XII, S. 155.

röhrchen communicirt, die untere mit einer etwas längeren, vertical abwärts gehenden Glasröhre, die bei den Versuchen in ein Gefäß mit gefärbter Flüssigkeit taucht und als Manometer dient. Um die verschiedene Absorptionsfähigkeit von Gasen, die in der Glasröhre eingeschlossen sind, zu demonstriren, befindet sich vor der einen Steinsalzplatte die Gasflamme eines Argandbrenners und zwischen dieser und der Platte ein Diaphragma mit einem rasch verschiebbaren Schirm. Man beobachtet nun zunächst den Stand der Flüssigkeit in der verticalen Röhre, während der Schirm die Wärmestrahlen abhält, und entfernt hierauf den Schirm rasch. Es wird dann in Folge der Erwärmung eine plötzliche Druckzunahme in dem Gase stattfinden, die eben bei verschiedenen Gasen sehr verschieden ist, bei atmosphärischer Luft sehr gering, bei Leuchtgas und Ammoniak sehr groß. Schiebt man den Schirm wieder rasch zwischen Flamme und Glasröhre, so nimmt, der Abkühlung des Gases entsprechend, der Druck sehr schnell ab.

Das plötzliche Steigen und Sinken des Druckes in dem Moment, wo die Bestrahlung anfängt oder aufhört, brachte nun Röntgen auf den Gedanken, ob man nicht durch intermittirende Bestrahlung das in der Glasröhre abgeschlossene Gas zum Tönen bringen könnte. Als Wärmequelle wurde Drummond'sches Kalklicht benutzt; durch zwei Linsen wurden die Strahlen auf eine mit Ausschnitten versehene Pappscheibe concentrirt, die mittels Schnurlaufs rasch um eine horizontale Achse gedreht werden konnte. Zur Abschwächung des Geräusches, welches die Scheibe beim Rotiren verursacht, ging dieselbe zwischen zwei größeren festen Scheiben, die, den Ausschnitten entsprechend, mit dünnen Glasfenstern versehen waren. Hinter den letzteren wurde der Absorptionsapparat entweder fest aufgestellt oder frei in der Hand gehalten. Derselbe war 12 Centim. lang, und das Manometer war durch ein kurzes 1 Centim. weites Glasröhrchen ersetzt, über welches ein weiter Kautschukschlauch gezogen war, der möglichst tief in das Ohr des Beobachters eingeführt wurde.

Sobald nun die Scheibe in Thätigkeit gesetzt und dadurch das eingeschlossene Gas abwechselnd erwärmt und wieder abgekühlt wurde, so war in der That ein deutlicher Ton, dem Sausen eines nicht zu starken Windes vergleichbar, zu hören,

wenn ein die Wärme rasch absorbirendes Gas, wie Leuchtgas oder Ammoniak, sich in der Röhre befand. Die Höhe dieses Tones änderte sich mit der Rotationsgeschwindigkeit, und erst bei sehr schneller Rotation hörte er ganz auf.

Bei atmosphärischer Luft, sowie bei trocknem Wasserstoff und Sauerstoff war kein Ton wahrnehmbar.

Untersuchungen ganz gleicher Art wie die Röntgen's sind auch, und zwar in sehr umfassender Weise, von dem Londoner Physiker Tyndall ausgeführt worden.[1]) Schon seit längerer Zeit mit Arbeiten über das Wärmeabsorptionsvermögen von Gasen und Dämpfen beschäftigt, hatte er beschlossen, statt der bis dahin benutzten Thermosäule und des Galvanometers ein anderes, directeres Hilfsmittel zur Erkennung der Absorption der Wärmestrahlen anzuwenden. Er wollte nämlich die zu untersuchenden Gase und Dämpfe in diathermanen Gefäßen den Wirkungen der Wärmestrahlen aussetzen und die Quantität der absorbirten Wärme durch die Expansion der Gase und Dämpfe messen. Schon hatte er zu diesem Zwecke einen Apparat ersonnen, als er mit den Versuchen Bell's über die Erzeugung von Tönen in festen Körpern unter dem Einflusse intermittirender Lichtstrahlen bekannt wurde. Er war von vornherein der Ansicht, daß diese Töne durch rasche Temperaturwechsel erzeugt werden, welche entsprechende Veränderungen in der Gestalt und Größe der Körper hervorrufen, auf die der Strahl fällt. War dies richtig und absorbiren Gase und Dämpfe Wärmestrahlen, so müssen sie noch intensivere Töne geben als feste Körper. Tyndall dachte sich, daß jedes Auftreffen eines Strahles einer plötzlichen Ausdehnung des absorbirenden Gases entspricht und schloß daraus, daß wenn die Unterbrechungen des Strahles hinlänglich rasch auf einander folgen, ein musikalischer Ton entstehen muß. Stark diathermane Körper müssen schwache Töne, athermane sehr laute geben, so daß die Intensität des Tones in gewissem Grade ein Maß für die Absorption ist. Es sind das dieselben Gedanken, welche Röntgen zu seinen Versuchen veranlaßten.

1) Vergl. seinen der Königl. Gesellschaft am 13. Januar 1881 vorgetragenen Bericht über die „Wirkung eines intermittirenden Wärmestrahles auf gasförmige Körper“ in Nature XXIII, p. 374.

Die ersten Versuche in dieser Richtung stellte Tyndall in Bell's Gegenwart am 29. November vorigen Jahres an; später dehnte er dieselben über fast alle Gase und Dämpfe aus, die er bei seinen früheren Arbeiten über die Wärmeabsorption untersucht hatte. Als Lichtquelle ward anfangs eine Siemens'sche elektrische Lampe benutzt, die mit einer dynamo-elektrischen Maschine in Verbindung stand, welche von einer Gasmaschine bewegt wurde. Eine und später zwei Glaslinsen concentrirten die Strahlen: die erste machte sie parallel, die zweite bewirkte ihre Convergenz nach einem etwa 18 Centim. entfernten Punkte. Dort trafen dieselben auf den Rand einer rotirenden Zinkscheibe, die mit radialen Einschnitten oder — bei der spätern Anordnung — mit Zähnen versehen war. Die hier intermittirend gemachten Strahlen fielen nun auf eine Flasche, welche den zu untersuchenden Dampf oder das Gas enthielt; vom Halse der Flasche aus ging ein Gummirohr, das in ein engeres Rohr von Elfenbein oder Buchsbaum endigte, nach dem Ohr des Beobachters. Später wendete Tyndall statt der Glaslinsen, die eine beträchtliche Menge Wärmestrahlen absorbirten, versilberte Glasspiegel an.

Schwefel-, Ameisen- und Essigäther wurden in einer dünnen Schicht auf den Boden der Glasflasche gegossen, worauf ihre Dämpfe rasch den übrigen Raum des Gefäßes erfüllten. Wurden nun diese Flaschen den intermittirenden elektrischen Strahlen ausgesetzt, so ließen sich stets laute musikalische Töne hören. Die Dämpfe der erwähnten drei Stoffe hatte Tyndall früher als die am stärksten Wärme absorbirenden erkannt; dagegen besitzen Chloroform- und Schwefelkohlenstoffdämpfe das wenigste Absorptionsvermögen für Wärmestrahlen. Bei den beiden letzteren waren denn auch die erhaltenen Töne gewöhnlich schwach, oft kaum hörbar. Bei den Dämpfen von Amylen, Aethyl- und Methyl-Jodid, sowie Benzol war die Tonstärke der Absorptionsfähigkeit entsprechend.

Daß es die Dämpfe waren, nicht die Flüssigkeiten, in denen die Töne erregt wurden, ergab sich daraus, daß der intermittirende Strahl, wenn er auf die Flüssigkeiten gerichtet wurde, ohne Wirkung blieb, während sofort ein Ton zum Vorschein kam, sobald der Strahl auf einen sehr athermanen Dampf traf. Einmal allerdings wurde auch ein Ton ver-

nommen, als ein Gefäß von Steinsalz, das anscheinend ganz mit Flüssigkeit gefüllt war, bestrahlt wurde. Bei genauerer Prüfung fand sich aber eine Dampfblase darin, und als es ganz gefüllt worden war, verschwand der Ton.

Was die Gase anlangt, so gab trockene atmosphärische Luft nur einen schwachen, kaum hörbaren Ton, und ebenso verhielten sich trockenes Sauerstoff= und Wasserstoffgas. Es entspricht das dem geringen, kaum wahrnehmbaren Absorptions=vermögen dieser Gase. Wurde die atmosphärische Luft durch Kohlensäure ersetzt, so wurde der Ton erheblich lauter, noch mehr war dies bei Stickoxydgas der Fall, ölbildendes Gas endlich gab einen Ton, der an Stärke dem einer Orgelpfeife glich. Ebenso gab Ammoniakgas, das Tyndall schon 1859 in hohem Grade undurchlässig für strahlende Wärme gefunden hatte, unter dem Einflusse eines intermittirenden elektrischen Strahles einen lauten Ton. Dasselbe war der Fall bei Wasserdampf, und zwar nicht blos bei Temperaturen um 100°, sondern auch bei niedrigeren, selbst unter dem Gefrierpunkte. Der Gehalt an Wasserdampf ist auch die Ursache, daß gewöhnliche atmosphärische Luft einen vernehmbaren Ton liefert, wenn man einen intermittirenden Strahl auf sie fallen läßt, und überhaupt giebt ein geringer Gehalt der Luft an irgend einem in hohem Grade athermanen Gase oder Dampfe ihr die Eigenschaft, unter der Einwirkung eines intermittirenden Strahles zu tönen.

Da Tyndall früher bemerkt hatte, daß flüchtige Flüssigkeiten und ihre Dämpfe dieselben Strahlen absorbiren, so durfte er erwarten, daß das Dazwischenbringen einer dünnen Flüssigkeitsschicht selbst bei den Dämpfen, welche die lautesten Töne geben, die Wirkung der Strahlen aufheben werde. Der Versuch bestätigte diese Vermuthung: Eine dünne, nur 1/8 Zoll (3 Millim.) starke Schicht Wasser, Ameisen=, Schwefel= oder Essigäther machte die Strahlen unwirksam. Da diese Flüssigkeiten für Lichtstrahlen durchlässig sind, so mußten es die dunkeln Wärmestrahlen sein, die bei diesen Versuchen aufgefangen wurden und die bei der Erzeugung der Töne in den Dämpfen wirksam sind. Dies wurde auch bestätigt durch andere Versuche. Tyndall ließ nämlich die intermittirenden Strahlen, bevor dieselben auf Dämpfe fielen, die laute Töne

gaben, erst durch eine Schicht von Schwefelkohlenstoff gehen, die etwa 10mal so dick war, als die erwähnten durchsichtigen Schichten und die außerdem durch darin gelöstes Jod undurchsichtig gemacht war. Trotzdem war kaum eine Verminderung der Intensität des Tones wahrzunehmen. Zur Erklärung sei daran erinnert, daß die Jodlösung in Schwefelkohlenstoff in hohem Grade durchlässig für die dunkeln Wärmestrahlen ist.

Directe Versuche bestätigten übrigens auch, daß die Gase, welche nur schwache Töne geben, sich unterm Einfluß der Bestrahlung nur langsam und wenig ausdehnen, während diejenigen, bei denen der Ton laut ist, eine rasche und starke Ausdehnung besitzen.

Spätere Versuche mit dem elektrischen Lichte einer Batterie von 60 Grove'schen Elementen und Drummond'schem Kalklicht bestätigten die früher gewonnenen Resultate. Selbst schwächere Lichtquellen erwiesen sich noch wirksam bei empfindlichen Dämpfen, so z. B. eine Kerze, sowohl bei Anwendung der Spiegel, als auch wenn dieselbe dicht hinter die rotirende Scheibe gehalten wurde. Ebenso wirkte auch eine glühende, von Feuer weggenommene Kohle. Ein heißes, rothglühendes Schüreisen, ebenfalls dicht hinter die Scheibe gehalten, verursachte laute Töne, die immer schwächer wurden mit fortschreitender Abkühlung, aber auch, dem Mercadier'schen oben erwähnten Versuche entsprechend, noch andauerten, als das Glühen aufgehört hatte. Als der Ton unhörbar wurde, war die Temperatur des Eisens bereits unter den Siedepunkt gesunken.

Unter von Tyndall später untersuchten Dämpfen sind noch die von Patschouli und Cassia, von Methylchlorid, Sumpfgas, Brom und Jod zu nennen. Die beiden zuerst erwähnten Riechstoffe kannte er seit 1861 als stark Wärme absorbirend, ihr Absorptionsvermögen hatte er zu 30 und 109 bestimmt. Dem entsprechend gab auch Cassiadampf einen viel lautern Ton als Patschouli. Sehr intensiv waren die Töne auch bei Sumpfgas und ähnlich bei Methylchlorid.

Eine bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit zeigten Jod- und Bromdämpfe. Während nämlich alle andern Dämpfe und Gase unter dem Einflusse von dunkeln Wärmestrahlen ins Tönen kamen, machten die genannten beiden Dämpfe eine

Ausnahme von der allgemeinen Regel, indem bei ihnen die leuchtenden Strahlen die Wirkung hervorriefen. Wenn nämlich Tyndall das intermittirende Strahlenbündel durch eine Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff gehen ließ, welche die leuchtenden Strahlen absorbirte, so war keine Wirkung zu beobachten; ging dagegen das Strahlenbündel erst durch eine die Wärmestrahlen absorbirende Schicht einer Alaunlösung und durch Eislinsen, so war ein deutlicher Ton zu hören.

Tyndall giebt schließlich noch an, daß es ihm bei ganz roher Anordnung der Versuche gelungen sei, bei den wirksameren Dämpfen Töne noch in einer Entfernung von 100 Fuß von der Strahlenquelle zu hören.

Nach diesem Bericht über die Untersuchungen Tyndall's kehren wir zurück zu den neueren Arbeiten Bell's, über welche derselbe in einem vor der Amerikanischen National-Akademie der Künste und Wissenschaften am 21. April gehaltenen Vortrage Bericht erstattet hat.[1])

Bell hatte schon früher die Erfahrung gemacht, daß feste Körper, die in Form dünner Plättchen gute radiophonische Wirkungen geben, dies nicht mehr thun in dickeren Massen. Er erklärte dies durch die Hypothese, daß die molekulare Störung, welche die Strahlen erzeugen, lediglich eine Oberflächenwirkung sei. Da er nun nicht erwarten durfte, daß die Schwingungen sich durch die Masse des Körpers hindurch bis in das Ohr fortsetzen würden, so kam es ihm darauf an, die Luft von der Oberfläche nach dem Ohr zu leiten, und eben dies war es, was er mit den am Schlusse seines ersten Vortrages erwähnten röhrenförmigen Empfängern beabsichtigte: ein Lichtstrahl ward concentrirt und in das eine Ende einer offenen Röhre geworfen, deren anderes an das Ohr gehalten wurde. Sobald man nun den Lichtstrahl unterbrach, wurde ein Ton hörbar, dessen Höhe von der Anzahl der Intermittenzen in einer Secunde und dessen Stärke von dem Material der Röhre abhing.

Bald nachher wurde Bell während seines Aufenthaltes in Paris mit den Versuchen Mercadier's bekannt, welche ja ebenfalls darauf führten, daß wir es bei den fraglichen Er-

1) Vgl. den Auszug in Nature XXIV, p. 42.

scheinungen mit Oberflächenwirkungen zu thun haben. Er kam jetzt auf eine neue Form, in welcher die Versuche anzustellen wären, die zugleich ein bequemes Mittel bot, zu prüfen, ob es richtig sei, daß, wie Bell vermuthete, die radiophonische Wirkung allen Körpern zukomme. Das neue Verfahren bestand darin, die zu untersuchende Substanz in das Innere eines Gefäßes zu bringen, welches, wie etwa Glas, für Licht durchlässig, aber undurchlässig für den Schall ist. Dir Wirkung wurde beobachtet, indem man das Innere des Gefäßes durch ein Hörrohr mit dem Ohr verband.

Einige vorläufige Versuche, die in Paris angestellt wurden, gaben so viel versprechende Resultate, daß Bréguet sich veranlaßt fand, der französischen Akademie am 11. October 1880 davon Mittheilung zu machen. Inzwischen forderte Bell auch seinen Mitarbeiter Tainter auf, nach der neuen Methode Untersuchungen vorzunehmen, und bei seiner Rückkehr nach Washington anfang Januar d. J. theilte letzterer ihm die gewonnenen Ergebnisse mit. Durch Tainter's Untersuchungen ist nun erwiesen, daß Baumwolle, Kammgarn, Seide, überhaupt Faserstoffe bedeutend lautere Töne geben, als starre Körper, wie Krystalle oder die früher benutzten Platten.

Um die Wirkungen besser studiren zu können, schloß Tainter seine Materialien in einen Messingtrichter ein, durch dessen weite, mit einer Glasplatte bedeckte Oeffnung er die intermittirenden Strahlen fallen ließ, während an die enge Oeffnung das Hörrohr angesetzt war.

Als Tainter Seide und Kammgarn von verschiedenen Farben untersuchte, fiel es ihm auf, daß die dunkelsten Färbungen den lautesten Ton gaben; insbesondere war der Ton bei schwarzem Kammgarn sehr laut. Da nnn weiße Baumwolle bessere Resultate gab als andere weiße Faserstoffe, so wünschte Tainter dunkelfarbige Baumwolle zu untersuchen, und als er solche nicht gerade bei der Hand hatte, schwärzte er etwas Baumwolle mit Lampenruß. Die Verstärkung des Tones war auffällig, und nun versuchte Tainter Ruß allein. Etwa ein Theelöffel voll Lampenruß wurde in ein Reagenzglas gethan und den intermittirenden Strahlen der Sonne ausgesetzt: der erzeugte Ton war lauter als irgend ein vorher

erhaltener. Als eine Glastafel beräuchert und mit der berußten Seite gegen den intermittirenden Sonnenstrahl gehalten wurde, war der Ton so laut, daß man ihn mit einiger Aufmerksamkeit überall im Zimmer hören konnte. Wurde die berußte Seite von der Sonne abgewendet, so war der Ton viel schwächer. Ferner wurde das Innere des erwähnten Messingtrichters angerußt, worauf der intermittirende Lichtstrahl einen Ton von solcher Intensität erzeugte, daß er dem Ohr lästig ward. Derselbe ward noch verstärkt durch Einlagen von berußter Drahtgaze in den Trichter.

Interessant waren die Erscheinungen, welche beobachtet wurden, wenn der intermittirende Strahl in einen Resonator geworfen wurde, dessen Inneres berußt war. Die rotirende Scheibe wurde in sehr schnelle Bewegung gesetzt, worauf man sie allmählich zur Ruhe kommen ließ. Anfangs wurde ein sehr hoher, außerordentlich schwacher Ton gehört, dessen Höhe in dem Maße abnahm, wie die Scheibe langsamer und langsamer rotirte. Dabei änderte sich die Stärke des Tones in bemerkenswerther Weise, indem beständig schwache Verstärkungen desselben zu beobachten waren, welche mehr und mehr markirt wurden, wie der Ton sich dem Grundtone des Resonators näherte. Als dieser erreicht war, hatte der Ton eine solche Intensität, daß er von einem Auditorium von Hunderten hätte gehört werden können.

Die außerordentliche Wirksamkeit des Lampenrußes brachte Bell auf den Gedanken, denselben als Empfänger in seinem Photophon anstatt der Selenzelle und des Telephons zu benutzen. Er bediente sich dabei des oben erwähnten Trichters, welcher ebenso wie der Schallbecher des Absenders 5 Centim. Durchmesser hatte. Das Ergebniß war ein sehr günstiges: Einzelne Worte und Sätze, die man mit leiser Stimme in den Absender sprach, wurden in einer Entfernung von 40 Meter von dem Empfänger deutlich vernehmbar und verständlich reproducirt.

Uebrigens war Tainter schon vor Bell's Zurückkunft nach Amerika darauf gekommen, das Selen in dem elektrischen Photophonempfänger durch Ruß zu ersetzen. Er ging dabei von der Ansicht aus, daß die von den intermittirenden Strahlen im Ruß erzeugten Molekularbewegungen sich in gleicher

Weise auch auf den galvanischen Strom übertragen würden. Der Empfänger, den er nach dieser Idee construirte, bestand aus einer Glastafel, die mit einem Silberniederschlag überzogen wurde. Dann wurde der Niederschlag längs einer schmalen Zickzacklinie entfernt, so daß der Silberüberzug aus zwei von einander isolirten Hälften bestand. Der zickzackförmige Zwischenraum wurde nun mit Lampenruß ausgefüllt und die Tafel sammt einem Telephon in den Stromkreis einer galvanischen Batterie eingeschalten, so daß der Strom von einer Hälfte des Silberbelegs zur andern durch den Ruß gehen mußte. Ein intermittirender Lichtstrahl rief dann in dem Telephon einen lauten Ton hervor, auch konnte man die Vorrichtung mit gutem Erfolg zum Fernsprechen benutzen.

Durch diese Versuche ist erwiesen, daß bei festen Körpern die Farbe und der physikalische Zustand von wesentlichem Einfluß auf die Intensiät der radiophonischen Wirkung sind: die lautesten Töne werden von Substanzen in einem lockeren, porösen, schwammigen Zustande erzeugt, und zwar von denen, welche dunkle oder stark absorbirende Farben besitzen; Baumwolle, Kammgarn, Faserstoffe im Allgemeinen, Kork, Schwamm, Platin und andere Metalle in schwammigem Zustande und Lampenruß sind die wirksamsten Materialien.

Bell sucht die Thatsache, daß gerade Stoffe von lockerem Gefüge die lautesten Töne geben, auf folgende Art zu erklären: Wenn ein Strahl auf einen derartigen Körper fällt, so werden die Theilchen desselben erwärmt und demnach ausgedehnt; in Folge davon werden aber die Lufträume in dem Körper verengt und es muß Luft ausgestoßen werden, gerade so wie aus einem Schwamme, den man drückt, Luft herausgepreßt wird. Die Kraft, mit welcher die Luft ausströmt, muß dabei noch beträchtlich erhöht werden durch die Ausdehnung, welche sie in Folge ihrer Berührung mit den erwärmten Körpertheilchen erleidet. Sobald aber der Strahl unterbrochen wird, kühlen die Körpertheilchen ab und ziehen sich zusammen; dadurch werden die Hohlräume zwischen ihnen wieder größer, es entstehen luftverdünnte Räume, und diese werden durch die von außen einströmende Luft wieder ausgefüllt. Durch dieses Ausstoßen und Einsaugen der Luft werden abwechselnd Verdichtungs- und Verdünnungswellen in der äußeren Luft erzeugt, und diese sind

es, die wir als Schall, als Ton wahrnehmen. Auf diese Weise glaubt Bell die Thatsache erklären zu können, daß Substanzen wie Ruß intensive tönende Schwingungen in der Luft erregen, während dieselben dem Diaphragma oder festen Körper, auf welchem sie haften, nur schwache Schwingungen mittheilen.

William Henry Preece hat in einem am 10. März vor der Königlichen Gesellschaft in London gehaltenen Vortrag[1]) verschiedene Versuche beschrieben, aus denen er den Schluß zieht, daß die radiophonische Wirkung einzig und allein der eingeschlossenen Luft zuzuschreiben ist, und daß die Diaphragmen und Platten dabei gar nicht schwingen.

Gewöhnlich giebt man als Grund dagegen, daß durch den intermittirenden Strahl abwechselnde Erwärmung und Abkühlung und in Folge dessen Schwingungen in festen Körpern erzeugt werden, den an, daß hierzu die Zwischenzeit zwischen den einzelnen Unterbrechungen des Strahles zu kurz sei, weil die Abkühlung durch Wärmeausstrahlung zu langsam erfolgt. Lord Rayleigh hat aber bei Gelegenheit einer mathematischen Behandlung des hier vorliegenden Problems[2]) darauf hingewiesen, daß gerade umgekehrt zur Erlangung starker und rascher Temperaturschwankungen in einem Körper eine langsame Abkühlung desselben in Folge von Wärmestrahlung und Leitung nothwendig ist. Denn erfolgte die Abkühlung hinlänglich rasch, so würden wegen der Schnelligkeit des Wärmeverlustes die Temperaturschwankungen unter jede beliebige Grenze vermindert werden können. Rayleigh berechnet nun, daß eine Eisenplatte von 5 Centim. Durchmesser und 0,2 Millim. Dicke, die am Rande festgehalten wird, unterm Einflusse von Sonnenlicht bei 250 Intermittenzen in der Secunde in ihrer Mitte eine Verschiebung von 5 Milliontel-Centimetern erleidet. Dies ist allerdings eine sehr geringe Schwingungsamplitude, da aber Rayleigh schon einen Ton gehört hat, dessen Amplitude ein Zehnmilliontel-Centimeter war, so ist nicht daran zu zweifeln, daß man unter Umständen auch Schwingungen von der erwähnten Amplitude mit dem

1) Nature XXIII, p. 496.
2) Nature XXIII, p. 274.

Ohr wahrnehmen kann, weshalb auch Rayleigh sich dahin ausspricht, daß vorläufig keine Veranlassung vorhanden sei, die naheliegende Erklärung zurückzuweisen, daß die in Rede stehenden Töne durch Biegung der Platten in Folge ungleicher Erwärmung veranlaßt seien.

Preece meint nun, wenn Rayleigh's Angaben richtig wären, so müßte man die durch intermittirende Bestrahlung eines dünnen Streifens erzeugten Schwingungen zum Oeffnen und Schließen eines Stromkreises verwenden können, und ein in den letzteren eingeschaltetes Telephon müßte dann einen musikalischen Ton hören lassen. Da ihm dieser Versuch nicht gelungen, so hält er die Rayleigh'sche Theorie für unrichtig. Indessen hat Bell wohl recht, wenn er darauf hinweist, daß die von Lord Rayleigh gefundene Amplitude viel zu klein sei, um einen Apparat, wie den von Preece zum Oeffnen und Schließen des Stromes benutzten, in Thätigkeit zu setzen. Dafür, daß der intermittirende Strahl unmittelbar Schwingungen des Diaphragmas hervorruft, bezieht sich Bell hauptsächlich auf die folgenden beiden Versuche:

1. Wenn ein intermittirender Strahl auf eine Platte von Hartgummi oder einem andern Stoffe gerichtet wird, so hört man nicht nur unmittelbar hinter der Stelle, wo der Strahl auftrifft, einen musikalischen Ton, sondern auch noch, wenn man das Ohr gegen irgend eine andere Stelle der Platte hält, selbst wenn dieselbe einen Fuß und mehr von der ersten entfernt ist.

2. Wird der Lichtstrahl auf das Diaphragma eines Blake'schen Telephonsenders [1]) gerichtet, so hört man in dem damit verbundenen Telephon laute musikalische Töne. Der hölzerne Kasten, welcher das Mikrophon umgiebt, wird bei diesem Versuche abgenommen, um eingeschlossene Luftschichten in der Nähe des Diaphragmas zu vermeiden.

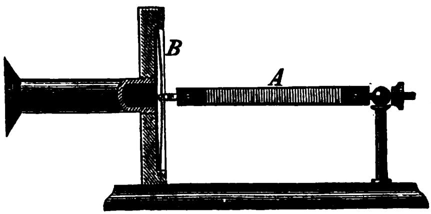
Auch die folgenden beiden, von Tainter angestellten Versuche sprechen zu Gunsten der Ansicht von Lord Rayleigh und Bell.

Ein Streifen A, Fig. 21, wurde im Mittelpunkte des

1) Vgl. die Beschreibung desselben weiterhin unter „Telephon und Mikrophon."

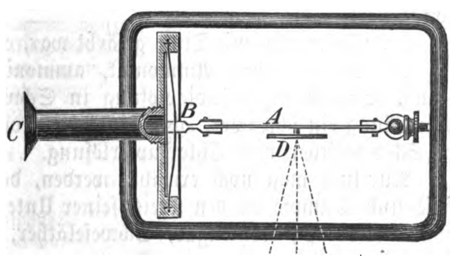
Eisendiaphragmas B befestigt und dann straff angespannt. Sobald nun der intermittirende Lichtstrahl auf den Streifen A gerichtet wurde, vernahm man in dem mit B verbundenen Höhrrohr C einen hellen, deutlichen Ton, was auf eine rasche Ausdehnung und Zusammenziehung des Stoffes, aus dem der Streifen A bestand, zu deuten scheint. Doch würde das Diaphragma B auch in Schwingungen versetzt worden sein durch Transversalschwingungen von A, die etwa durch plötzliche Ausdehnung der mit dem Streifen in Berührung stehenden Luft erzeugt worden wären. Es wurde deshalb in der Mitte des Streifens A auf die in Fig. 22 angedeutete Weise ein

Fig. 21.



zweiter dünner Streifen D befestigt, auf den man den intermittirenden Lichtstrahl fallen ließ. Rührten die Schwingungen von B von einer auf A wirkenden stoßenden Kraft her, so konnte man annehmen, daß die Hinzufügung des Streifens D Nichts an dem Resultate ändern würde, während der Ton verschwinden oder wenigstens schwächer werden mußte, wenn longitudinale Ausdehnung und Zusammenziehung die erregende Ursache war. Als man nun bei den Versuchen die Geschwindigkeit der Unterbrechungsscheibe allmählich verminderte, so wurde in der Regel kein Ton wahrgenommen, nur bei einer gewissen Umdrehungsgeschwindigkeit war ein

Fig. 22.



schwacher Ton hörbar. Es entspricht dies also der Erwartung; das Auftreten eines Tones bei einer gewissen Rotationsgeschwindigkeit erklärt sich dadurch, daß die Zahl der Unterbrechungen gerade mit der Schwingungszahl des Streifens D übereinstimmte, so daß sich dieser wie eine Stimmgabel verhielt, deren Ton auf einer Saite angeschlagen wird.

Während Bell bei seinen späteren sorgfältigen Versuchen von zahlreichen festen Körpern Töne erhielt, auch von solchen, die er in seinem Bostoner Vortrage als unempfindlich bezeichnet hatte, wie Kohle und Mikroskopglas, gelang es ihm, nur eine kleine Anzahl tönender Flüssigkeiten aufzufinden, trotzdem daß bei den meisten der in Untersuchung gezogenen Flüssigkeiten das hohe Absorptionsvermögen kräftige Töne vermuthen ließ. Die erhaltenen Töne waren durchweg nur bei der größten Aufmerksamkeit wahrzunehmen. Die Flüssigkeiten wurden bei den Versuchen in sehr lange Reagenzgläser gefüllt, über deren Oeffnung ein Gummirohr so tief gezogen wurde, daß der Lichtstrahl nicht den über den Flüssigkeiten stehenden Dampf treffen konnte; dieses Rohr diente zugleich als Höhrrohr. Der intermittirende Lichtstrahl wurde mittels einer Linse von großem Durchmesser auf die Mitte der Flüssigkeitssäule geworfen.

Bei klarem Wasser und ebenso bei Quecksilber ward kein Ton gehört,

bei Wasser, das mit Tinte gefärbt war, ein schwacher Ton;

bei Schwefeläther, Ammoniak, ammoniakalischer Kupferlösung, Schreibtinte, Indigolösung in Schwefelsäure, Chlorkupferlösung ein schwacher, aber deutlicher Ton, am deutlichsten bei Schwefeläther und Chlorkupferlösung.

Nur kurz mag noch erwähnt werden, daß Bell auch die Gase und Dämpfe in den Kreis seiner Untersuchung zog und bei Wasserdampf, Kohlengas, Schwefeläther, Alkohol, Ammoniak, Amylen, Aethylbromid, Diäthylamen, Quecksilber- und Joddampf, sowie Stickoxydgas laute Töne, am deutlichsten von Jod und Stickoxyd, erhielt.

Bei seinen früheren Versuchen mit dem Photophon hatte Bell die Wahrnehmung gemacht, daß das Selen im Empfänger sehr nngleiche Wirkungen giebt, selbst wenn man zwei Stücke vergleicht, die von einem und demselben größeren Stück her-

rühren. Dr. Chichester Bell vom University College in London hat nun vermuthet, daß chemische Verunreinigungen des Selens die Ursache davon sind, und in der That ergab die Analyse fast ein Procent Schwefel, sowie Eisen, Blei und Arsen, nebst Spuren von organischen Stoffen.

Ferner hat Professor W. G. Adams gezeigt, daß auch beim Tellur der elektrische Leitungswiderstand durch das Licht beeinflußt wird,[1]) und es hat deshalb Bell bei neueren Versuchen eine Tellurspirale mit einem Telephon in den Kreis einer galvanischen Batterie eingeschalten. Als er nun einen intermittirenden Lichtstrahl auf die Spirale fallen ließ, ward im Telephon ein deutlicher musikalischer Ton erzeugt.

Bell und Tainter haben ferner nach einem Mittel gesucht, die verschieden starke Einwirkung der intermittirenden Lichtstrahlen auf verschiedene Körper numerisch auszudrücken. Sie glaubten als solches die Entfernung vom Brennpunkte der Linse, durch welche die Strahlen gingen, benutzen zu können, in welcher die Wirkung der intermittirenden Strahlen aufhörte hörbar zu sein. Welche Verschiedenheiten in dieser Hinsicht existiren, sieht man aus den folgenden von Tainter gewonnenen Zahlenwerthen:

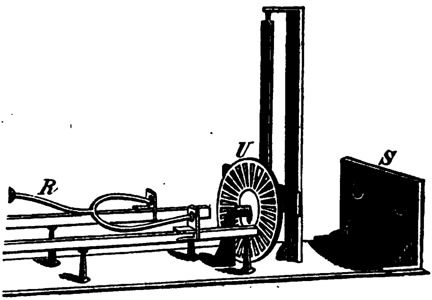
		Entfernung
Zink-Diaphragma, polirt		1,51 Meter
Hartgummi-Diaphragma		1,9 "
Stanniol-Diaphragma		2,0 "
Telephon-Diaphragma		2,15 "
Zink-Diaphragma, unpolirt		2,15 "
Weiße Seide	(im Trichter)	3,10 "
Weißes Garn	" "	4,01 "
Gelbes "	" "	4,06 "
Gelbe Seide	" "	4,13 "
Weiße Baumwolle	" "	4,38 "
Grüne Seide	" "	4,52 "
Blaues Garn	" "	4,69 "
Purpurfarbene Seide	" "	4,82 "
Braune Seide	" "	5,02 "
Schwarze Seide	" "	5,21 "
Rothe Seide	" "	5,24 "
Schwarzes Garn	" "	6,50 "

1) Proceedings of the Royal Soc., Vol. XXIV, p. 163.

Bei Anwendung von Lampenruß ließ sich der Empfänger gar nicht bis an die Grenze der Hörbarkeit entfernen, in einem Abstande von 10 Meter vom Brennpunkte war der Ton noch vollständig hörbar.

In der Ueberzeugung, daß derartige Untersuchungen werthvolle Aufschlüsse versprechen, hat Tainter auch einen Apparat zur Vergleichung der Tonstärken zweier Stoffe angegeben. In einem Schirme S, Fig. 23, sind zwei gleichgroße Linsen angebracht, welche die Lichtstrahlen auf zwei gegenüberliegende Punkte der Unterbrechungsscheibe U werfen, hinter welcher sich zwei gleichgroße, auf Prismen verschiebbare Empfänger aus den zu vergleichenden Stoffen befinden. Ein vor der Unterbrechungsscheibe schwingendes Pendel bewirkt, daß immer nur eines der beiden Strahlenbündel zu seinem Empfänger gelangen kann, daß also beide Stoffe abwechselnd tönen. — Durch Kautschukschläuche sind beide Empfänger mit einem gemeinschaftlichen Höhrrohre R verbunden. Einer der beiden Empfänger wird nun auf einen bestimmten Punkt des mit einer Theilung versehenen Prismas gestellt und der andere dann so weit verschoben, bis beide gleich starke Töne geben. Die Entfernung beider Empfänger dient als Vergleichsgröße.

Fig. 23.



Bell schlägt weiter vor, den von Mercadier eingeführten Ausdruck Radiophon zur allgemeinen Bezeichnung zu verwenden, wie wir es auch in der Ueberschrift zu diesem Artikel gethan haben, dagegen die Ausdrücke Photophon, Thermophon, Aktinophon zu gebrauchen, wenn es sich um Licht=, Wärme= oder aktinische Strahlen handelt.

Ferner hat Bell die Versuche Mercadier's über die Natur

der tonerzeugenden Strahlen wiederholt, ist aber theilweise zu etwas abweichenden Resultaten gelangt. Er bediente sich dabei nicht des elektrischen Lichtes, wie der französische Gelehrte, sondern des Sonnenlichtes, das von einem Heliostaten auf eine achromatische Linse geworfen wurde, die dasselbe zu einem Sonnenbildchen auf einem Spalt vereinigte; dann gingen die Strahlen durch eine zweite achromatische Linse und hierauf durch ein Schwefelkohlenstoffprisma, das sie zu einem Spectrum ausbreitete, welches, durch eine Linse auf einen Schirm geworfen, sehr deutlich die hauptsächlichsten Hauptlinien des Sonnenspectrums zeigte. Die Unterbrechungsscheibe ward dann mit einer Geschwindigkeit von 5—600 Umdrehungen in der Secunde in Bewegung gesetzt und das Spectrum mit einem Empfänger untersucht, in welchem eine Rußfläche durch einen Spalt begrenzt war.

Bei dieser Anordnung erhielt nun Bell in allen Theilen des Spectrums Töne mit Ausnahme der äußeren Hälfte des Violett und des Ultraroth; eine beständige Zunahme der Intensität des Schalles war wahrzunehmen, wenn der Empfänger vom Violett nach dem Ultraroth bewegt wurde. Das Maximum lag jenseits des Roth, von da zeigte sich erst eine allmähliche, dann eine plötzliche Abnahme der Wirkung, so daß eine ganz geringe Verschiebung des Empfängers genügte, den Ton, der dem Maximum nahe war, zum Verschwinden zu bringen.

Ganz anders waren die Ergebnisse, wenn der Empfänger mit rothem Kammgarn gefüllt wurde: der lauteste Ton wurde jetzt im Grün erhalten, mit den Strahlen, in denen das Garn schwarz erschien. Nach beiden Seiten nahm die Tonstärke ab, und die Grenze der Wirksamkeit lag einerseits in der Mitte des Indigo, andererseits jenseits des Roth.

Bei grüner Seide lag das Maximum im Roth, die Grenzen lagen in der Mitte des Blau und ein kleines Stück jenseits des Roth.

Wurde der Empfänger mit Hartgummischnitzeln gefüllt, so lag das Maximum im Gelb, die Grenzen der Hörbarkeit waren an der Grenze von Grün und Blau und an der äußern Grenze des Roth. Tainter glaubte noch ein Stück ins Ultraroth hinein zu hören, und für sein Ohr lag das Maximum an der Grenze von Roth und Orange.

Es wurde ferner ein Reagenzglas, das mit Dämpfen von Schwefeläther gefüllt war, an Stelle des Empfängers vom Violett aus durch das Spectrum bewegt. Dabei war kein Ton hörbar, bis jenseits des Roth plötzlich ein solcher auftrat, um bei weiterer Verschiebung eben so plötzlich zu verschwinden.

Bei Joddampf wurde das Maximum im Grün gefunden, die Grenzen der Hörbarkeit schienen in der Mitte des Roth und an der Grenze von Blau und Indigo zu liegen.

Mit Stickoxydgas wurden in allen Theilen des sichtbaren Spectrums, nicht aber im Ultraroth, deutliche Töne beobachtet. Das Maximum schien im Blau zu liegen; die Töne waren auch noch im Violett überall sehr deutlich, ja sogar etwas jenseits des Violett glaubte Bell solche noch wahrzunehmen. Bei Untersuchung des Absorptionsspectrums zeigte es sich, daß das Maximum der radiophonischen Wirkung zusammentraf mit der Stelle des Spectrums, an welcher die meisten Absorptionslinien auftraten.

Bei Untersuchung des Spectrums mit einer Selenzelle, die nebst einem Telephon in den Stromkreis einer Batterie eingeschalten war, ergab sich die Hauptwirkung im Roth, und die Wirkung erstreckte sich einerseits ein Wenig ins Ultraroth, andrerseits bis zur Mitte des Violett.

Aus diesen Versuchen ziehen nun Bell und Tainter den Schluß, daß die Natur der Strahlen, welche hörbare Wirkungen in den verschiedenen Stoffen hervorbringen, von der Beschaffenheit dieser den Strahlen ausgesetzten Stoffe abhängt, daß aber in jedem Falle nur diejenigen Strahlen des Spectrums wirken, welche absorbirt werden.

Die Untersuchungen über die wirksamen Strahlen im Spectrum haben ferner Anlaß gegeben zur Construction eines Instrumentes, welches die beiden amerikanischen Physiker mit dem Namen Spectrophon bezeichnen und von dem sie sich Nutzen für die Spectralanalyse versprechen. Dasselbe kann aus jedem Spectroskop erhalten werden, wenn man das Augenglas entfernt und die zu untersuchende empfindliche Substanz hinter einen Spalt in den Brennpunkt des Instrumentes bringt. Von da aus geht ein Höhrrohr nach dem Ohr des

Beobachters. Bell beschreibt noch einige interessante Versuche, die mit dem Spectrophon unter Benutzung von Ruß als Empfänger angestellt worden sind.

Der Strahl wurde durch eine gesättigte Alaunlösung geleitet. Die Grenze der Hörbarkeit im ultrarothen Theile des Spectrums ward ein wenig zurückverlegt durch Absorption eines schmalen Bandes von Strahlen geringster Brechbarkeit. Die Töne im sichtbaren Theile des Spectrums schienen umgeändert geblieben zu sein.

Ein dünnes Blatt Hartgummi wurde in den Weg der Strahlen eingeschaltet. Es ergaben sich sehr deutliche Töne in jedem Theile des Ultraroth, wogegen im sichtbaren Theile des Spectrums, mit Ausnahme der äußern Hälfte des Roth, kein Ton hörbar war.

Diese zwei Versuche geben eine ausreichende Erklärung für die früher von Bell in seinem Vortrage vor der Amerikanischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften erwähnten Thatsache, daß der Selenempfänger des Photophons auch dann noch afficirt wird, wenn die Strahlen durch Alaun und Hartgummi gegangen sind (S. 107 und 108).

Ferner ließ Bell die Strahlen durch eine Lösung von schwefelsaurem Kupfer in Ammoniak gehen, wodurch das Spectrum auf ein kleines Stück am blauen und violetten Ende reducirt wurde. Für das Ohr aber bestand dasselbe aus zwei durch einen breiten Raum getrennten tönenden Banden, die eine im sichtbaren Theil, die andere gerade jenseits des Roth.

Schließlich spricht Bell noch die Ueberzeugung aus, daß das Spectrophon immer ein Hilfsapparat für das Spectroskop bleiben werde, der aber für Untersuchung der Absorptionsspectra im Ultraroth großen Nutzen verspreche.

Der oben erwähnte Versuch Bell's, bei welchem die Strahlen, nachdem sie durch eine Ebonitscheibe gegangen waren, das Selen in dem Empfangsapparate des Photophons noch afficirten, hat den Professoren Ayrton und Perry Veranlassung gegeben, den Brechungsindex der durch die Ebonitscheibe gehenden Strahlen zu bestimmen.[1]) Zu dem Zwecke ließen sie die

1) Nature XXIII, p. 519.

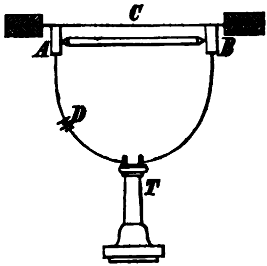
Strahlen des Drummond'schen Kalklichtes durch eine Glaslinse gehen und ordneten die Unterbrechungsscheibe so an, daß der Brennpunkt der Linse auf die Löcherreihe der Scheibe fiel. In einiger Entfernung hinter der letzteren war ein Schirm mit einem vertikalen Spalt aufgestellt und dicht hinter diesem ein Ebonitprisma mit dem brechenden Winkel von 27,5° und vertikaler brechender Kante. In einiger Entfernung hinter diesem Prisma befand sich dann ein verschiebbarer Schirm mit vertikalem Spalte und dicht hinter diesem war eine empfindliche Selenzelle aufgestellt, die nebst zwei Telephonen in den Stromkreis einer Batterie eingeschalten war. Die Telephone befanden sich in einem andern Zimmer, so daß der Beobachter, der an jedes Ohr eines hielt, nicht sehen konnte, welche Stellung der verschiebbare Schirm hatte, sein Urtheil also nicht beeinflußt wurde. Jedes der Telephone hatte einen Widerstand von 74 Ohm, und die elektromotorische Kraft der Batterie betrug 40 Volt. Wenn nun der letzterwähnte Schirm verschoben wurde, so konnte der Beobachter in der Regel nichts hören; bei einer einzigen Stellung nur hörte er einen bestimmten Ton, der sofort unterbrochen ward, wenn man die Hand vor die Selenzelle hielt oder das Prisma entfernte. Daraus folgt, daß die unsichtbaren Strahlen in dem Ebonitprisma gebrochen werden, und zwar ergab sich der Brechungsindex bei einem roh angestellten Versuche zu 1,7.

Bell ist übrigens in einem am 11. Juni d. J. vor der Philosophischen Gesellschaft in Washington gehaltenen Vortrage 1) nochmals auf die Frage zurückgekommen, ob bei der Erregung eines festen Körpers durch intermittirende Strahlen dieser Körper selbst schwinge, wie er und Lord Rayleigh annehmen, oder nicht, wie Preece meint. Die negativen Ergebnisse der von dem letztgenannten angestellten Versuche, durch ein empfindliches Mikrophon die Schwingungen der Körper nachzuweisen, finden wohl in dem Umstande ihre Erklärung, daß Preece wahrscheinlich ein Hughes'sches Mikrophon benutzt hat. Ein solches besteht nämlich aus zwei Kohleträgern A und B, zwischen denen sich ein Kohlestäbchen befindet; und es werden nun erstere auf die zu untersuchende Platte

1) Nature XXIV, p. 302.

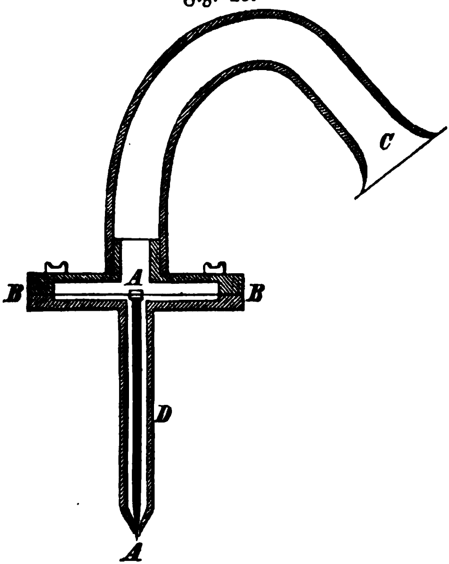
aufgesetzt, ungefähr so, wie es unsere Skizze Fig. 24 andeutet, die uns zugleich die Einschaltung des Mikrophons und des Telephons T in den Stromkreis der Batterie D zeigt. Die Mitte der Scheibe C kann hier ganz beträchtliche Schwingungen machen, ohne daß man in dem Telephon einen Ton hört, weil die Träger A und B sich nicht in der Mitte aufsetzen lassen. Bell wandte daher eine andere Mikrophonform an, die im wesentlichen schon 1827 von Wheatstone angegeben worden ist, s. Fig. 25.

Fig. 24.



Der steife Draht A ist mit dem einen Ende auf der Mitte des metallenen Diaphragmas B fest angebracht, das ringsum befestigt ist, wie das Diaphragma eines Telephons. Mit diesem Diaphragma ist das Höhrrohr C verbunden, welches den Schall nach dem Ohr des Beobachters leitet. Der Draht A geht durch den hohlen Handgriff D hindurch, aus dem sein freies Ende unten hervorragt.

Fig. 25.



Wenn man nun dieses freie Ende gegen das Diaphragma stützt, auf welches der intermittirende Lichtstrahl wirkt, so erhält

man einen Ton, und zwar immer, sobald man das Ende von A gegen den belichteten Theil oder dessen nächste Umgebung stützt. Dagegen konnten Bell und Tainter nichts hören, wenn sie mit dem Drahtende die Stellen berührten, wo man die Träger des Hughes'schen Mikrophons ansetzen konnte.

Eine noch auffälligere Localisation der Schwingungen wurde bei einer größeren Metallmasse beobachtet. Ein intermittirender Sonnenstrahl wurde auf ein Kilogrammgewicht aus Messing geworfen; wenn man dann die Oberfläche dieses Gewichtes mit dem in Fig. 25 skizzirten Apparate untersuchte, so erhielt man nur an der belichteten Stelle und deren nächster Umgebung einen schwachen, aber deutlichen Ton.

Noch haben wir einige Abänderungen des Bell'schen Photophons zu erwähnen, die in Vorschlag gebracht worden sind; dieselben beziehen sich, abweichend von den bereits oben erwähnten, nicht auf den Empfänger, sondern auf den Geber.

Das Thermophon von Prof. Blyth [1]) in Cambridge unterscheidet sich von dem Bell'schen Photophon dadurch, daß nicht ein undulirender Lichtstrahl, sondern eine im Rhythmus der Schallschwingungen der Sprache oscillirende Gasflamme das Selen afficirt. Man spricht dabei gegen eine am Grunde mit Goldschlägerhaut verschlossene Röhre, deren Verschluß zugleich die elastische Wand einer König'schen Gaskapsel bildet. Aus letzterer wird die Flamme gespeist, in deren Nähe sich die Selenzelle befindet, die mit dem an der Empfangsstation befindlichen Telephon in den Stromkreis einer galvanischen Batterie eingeschaltet ist. Die mit den Oscillationen der Flamme variirende Erwärmung des Selens ändert die Leitungsfähigkeit desselben für den elektrischen Strom und erzeugt so die radiophonische Wirkung. Es sollen auf diese Weise Worte deutlich übermittelt werden, doch ist eine ziemlich starke Batterie nöthig.

Eine ähnliche Idee, wie diesem Vorschlage, liegt auch dem folgenden zu Grunde.

Der photophonische Geber von E. Berliner (7. December 1880 unter Nr. 235,120 in den Ver. Staaten

---

1) Elektrotechn. Zeitschr., Juli 1881, S. 259.

patentirt), besteht aus einem Schallbecher, der durch ein telephonisches Diaphragma geschlossen ist, gegen dessen Mitte sich ein Stift von Kreide oder auch Platin lehnt; vor diesem Stift befindet sich die Flamme eines Bunsen'schen Brenners, welche oben seine Spitze streift. Wenn nun beim Sprechen gegen das Diaphragma dasselbe in Schwingungen geräth, so pflanzen sich diese auf den Stift fort, und derselbe taucht mehr oder weniger tief in die an sich nicht leuchtende Flamme, wobei das eingetauchte Stück ins Glühen geräth. Die Flamme ändert daher ihre Intensität im Rhythmus der Schallschwingungen und wirkt dann auf das Selen im photophonischen Empfänger.

Ein Photophon ohne Batterie hat S. Kalischer angegeben. Derselbe belichtet intermittirend einen Theil einer Weinhold'schen Selenzelle durch Sonnenlicht, das er durch die gleichweit von einander abstehenden Löcher am Rande einer rotirenden Pappscheibe fallen läßt. Die Drahtenden der Zelle sind mit einem Telephon verbunden, und in diesem hört man dann einen der Zahl der Intermittenzen entsprechenden, vollkommen deutlichen, wenn auch nicht lauten Ton. Durch Einschaltung einer Alaunplatte oder einer Wasserschicht in den Weg der Lichtstrahlen wird die Wirkung nicht aufgehoben, wohl aber durch eine Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff.

Man darf wohl bezweifeln, daß durch diese Versuche das Bell'sche Instrument wirklich so weit vervollkommnet wird, daß es die gesprochene Rede in beträchtlich größere Ferne überträgt, als dies Bell und Tainter gelungen ist. Es dürfte daher diese Art der Anwendung der radiophonischen Wirkung, vorläufig wenigstens, zurücktreten gegen die Benutzung zu physikalischen Untersuchungen. Die Anwendung auf die Physik des Himmels, die Bell während seiner Anwesenheit in Paris im Herbst vorigen Jahres versuchte, hat sich freilich nicht verwirklichen lassen. Derselbe stellte nämlich im Verein mit dem Astrophysiker Janssen auf dem Observatorium zu Meudon Versuche mit dem Photophon an, um die Geräusche zu hören, welche vermuthlich mit den großen Umwälzungen in der Photosphäre verbunden sind. Zu dem Zwecke ward der Selencylinder des Photophons an verschiedene Stellen eines Sonnenbildes von 60 Centim. Durchmesser gebracht. Es wurde

indessen kein sicheres Resultat erhalten. Ebensowenig scheint der Vorschlag von Janssen, eine Reihe von Bildern eines Sonnenfleckes durch einen Lichtstrahl gehen zu lassen, den man auf die Selenzelle fallen läßt, einen Erfolg gehabt zu haben. Näher als die Verwirklichung so kühner Ideen liegt die theilweise bereits mit bestem Erfolge versuchte Verwendung der radiophonischen Erscheinungen zur Untersuchung der Durchlässigkeit der Körper für verschiedene Arten von Strahlen und verwandter Erscheinungen.

Unzweifelhaft gebührt Bell das Verdienst, zuerst in nachhaltiger Weise die Aufmerksamkeit weiterer Kreise durch sinnreiche Versuche mit theilweise überraschenden Resultaten auf eine höchst interessante Klasse physikalischer Erscheinungen gelenkt zu haben, die alle das Gemeinsame haben, daß Strahlen der einen oder der andern Art in ihnen die wirkende Kraft sind. Es ist aber nicht ohne Interesse, zu erfahren, daß schon der um die Entwickelung des deutschen Telegraphenwesens so hochverdiente Münchener Professor Steinheil in einem im Jahre 1838 vor der königl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften gehaltenen Vortrage die Möglichkeit erörtert hat, auf unsichtbare Weise und ohne Leitung verständliche Zeichen in größere Ferne zu übermitteln. „Eine fernere Möglichkeit," so äußerte derselbe, „momentane Bewegungen ohne verbindende künstliche Leitung auf große Entfernungen hervorzubringen, ist durch die strahlende Wärme gegeben, wenn sie, durch Sammelspiegel auf Thermomultiplicatoren geleitet, galvanische Ströme erregt, die ihrerseits wieder magnetische Ablenkungen hervorrufen." 1)

In gewissem Sinne ist das Bell'sche Photophon eine Verwirklichung dieses Gedankens; nur sind Lichtstrahlen an die Stelle der Wärmestrahlen getreten und die Selenzelle an die Stelle der Thermosäule in dem Thermomultiplicator; die Multiplicatornadel ist ersetzt worden durch das Telephon.

Telephon und Mikrophon.

Seit unserem letzten Bericht über das Telephon (dieses Jahrb. XV, S. 226) sind eine große Anzahl neuer Formen

1) Ueber Telegraphie, insbesondere durch galvanische Kräfte. Mit 2 Taf. München 1838. S. 10.

dieses merkwürdigen, in überraschend kurzer Zeit zu so bedeutender praktischer Wichtigkeit gelangten Instrumentes in Vorschlag gebracht worden, von denen hier einige Erwähnung finden mögen.

Fernsprecher mit verstärkter Wirkung von A. Müller in Breslau (deutsches Reichs-Patent Nr. 8144, 22. April 1879).[1] Die Verstärkung der Wirkung wird hier dadurch hervorgebracht, daß zwischen der Spule, welche wie in dem Bell'schen Telephon das Ende des Stabmagneten umgiebt, und der schwingenden Platte noch eine zweite Spule hinzugefügt ist, in welche ein auf der Mitte der schwingenden Platte sitzender cylindrischer Stutzen aus weichem Eisen hineinragt. Zur Verhütung störender Wirkungen auf den Stabmagnet und die schwingende Platte aus Eisen oder Stahl schließt Müller die zweite Spule in eine starke Kapsel aus Messing oder Neusilber ein und macht nur die den Stutzen umgebende mantelförmige Wand aus Holz. Die Bewickelung der beiden Spulen wird so gewählt, daß ein Strom, welcher den der Platte zugekehrten Pol des Stabmagnetes verstärkt, auch den vom Stabmagnete inducirten Magnetismus des Stutzen kräftigt und so die Anziehung beider steigert, bei entgegengesetzter Stromrichtung aber die Anziehung in höherem Grade geschwächt wird, woraus eine Verstärkung des erzeugten Tones folgt.

Diese Anordnung hat Aehnlichkeit mit der eines Töpler'schen Stimmgabelrufers, bei welcher je ein Stutzen auf dem Pole eines Hufeisenmagnetes und ein Eisenstutzen auf einer Zinke der Stimmgabel in eine Spule hineinreicht (vgl. dieses Jahrb. XIV, S. 94.)

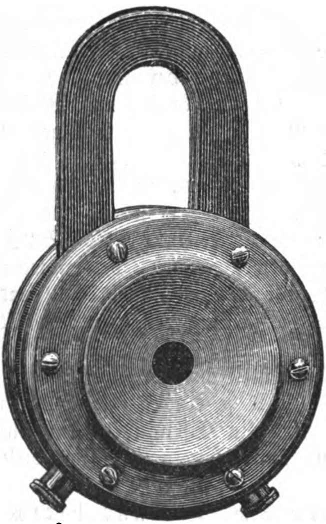
Bei dem Telephon von Schiebeck und Plentz[2] in Berlin (deutsches Reichs-Patent Nr. 8522, 13. April 1879) wird eine Verbesserung der Bell'schen Anordnung in der Weise versucht, daß auf der Spule eines Hufeisenmagnets runde oder ovale Polschuhe so aufgesetzt werden, daß der eine Pol den andern ringförmig umgiebt, und im Zwischenraum beider die Spule untergebracht wird, damit Pole von möglichst

1) Elektrotechn. Zeitschr., Februar 1880, S. 69.
2) Dies., April 1880, S. 147.

großer Oberfläche dem Mittelpunkte der schwingenden Platte möglichst nahe gebracht werden.

Bei der Telephonconstruction von W. E. Fein in Stuttgart[1]) (deutsches Reichs-Patent Nr. 10673, 7. Februar 1880) bestehen die Eisenkerne der Magnete nicht, wie seither allgemein üblich, aus massiven Eisenstücken, sondern aus einer großen Anzahl von ganz dünnen neben einander geschichteten Eisenplättchen oder feinen Eisendrähten, welche gegeneinander magnetisch isolirt sind. Durch diese Anordnung ändert sich bei den Schwingungen der Membran ihr Magnetismus viel schneller, so daß die inducirende Wirkung bedeutend erhöht wird. Auch die Form der Kerne weicht von der gewöhnlich üblichen vollständig ab, dieselben sind nämlich im Querschnitt kreissegmentförmig, wodurch eine gleichmäßige centrale Anziehung der Membran erzeugt wird, was wieder auf die Reinheit der Töne von großem Einfluß ist. Die segmentförmigen Armaturen sind dann mit halbkreisförmigen Spulen umgeben, welche Anordnung es möglich macht, den gegebenen Raum vollständig auszunutzen und einen möglichst langen Draht zur Herstellung der Spirale zu verwenden, so daß diese Telephone das Sprechen auf eine große Entfernung und bei hohem Leitungswiderstand erlauben. Die Verwendung besonderer Anruf- oder Signalvorrichtungen ist bei diesen Telephonen ganz überflüssig; es genügt der Ton

Fig. 26.



FK.

1) Elektrotechn. Zeitschr., October 1880, S. 345.

einer kleinen Trompete (Zungenpfeife) um auf der anzurufenden Station ein leicht wahrnehmbares Signal zu erzeugen.

Die Figuren 26, 27, 28 zeigen die ganze Einrichtung des Näheren. Fig. 26 giebt in 1/3 der natürlichen Größe eine Ansicht des Fein'schen Telephons, während Fig. 27 die innere Einrichtung nach Abschraubung des Mundstückes und Entfernung der Membran erkennen läßt; Fig. 28 endlich ist ein Durchschnitt.

M ist ein hufeisenförmiger Stahlmagnet, dessen Pole mit den Armaturen T und T′ versehen sind und welcher mit

Fig. 27.

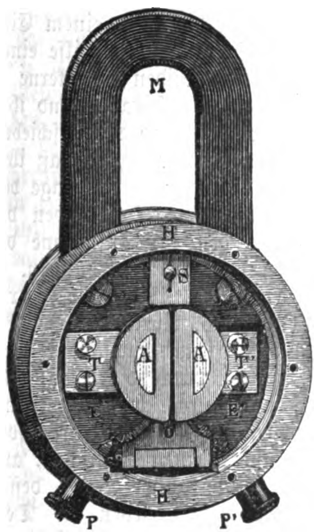
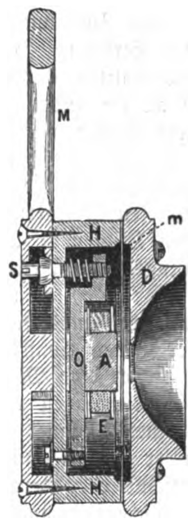


Fig. 28.



seiner gekrümmten Hälfte aus der kreisrunden Holzbüchse HH hervorsteht, so daß man ihn als Handhabe benutzen oder auch den Apparat bequem daran aufhängen kann. Außerdem übt die bedeutende Größe, die der Magnet durch diese Form erhält, einen günstigen Einfluß auf die Stärke des Magnetismus und damit auf die kräftige Wirkung des Telephons aus. AA sind die aus dünnen Eisenplättchen oder Drähten zusam=

mengesetzten, kreissegmentförmigen Eisenkerne, welche von den halbkreisförmigen Spulen E und E′ umgeben sind. Durch eine besondere Vorrichtung lassen sich die Kerne der Membran m nähern oder von ihr entfernen. Zu dem Zwecke ist zwischen den Magnetschenkeln ein Messinghebel O angebracht, der auf der einen Seite in zwei Schraubenspitzen beweglich, auf der andern aber mittels der Schraube S festgestellt ist und sich durch Drehen derselben auf- und niederbewegen läßt. Der etwaige todte Gang dabei wird durch eine am obern Theile der Stellschraube angebrachte kräftige Spiralfeder verhindert. Der Kopf der Schraube S, der sich in eine zwischen den Magnetschenkeln befindliche Messingschiene legt, ragt aus der Rückseite des Instrumentes hervor und ist hier mit einem Einschnitt versehen, so daß man die Schraube mit Hilfe eines Schraubenziehers umdrehen kann. Die beiden Eisenkerne A sind an die beiden Seiten des Hebels O geschraubt und ihre untern Enden verschieben sich beim Auf- und Niederschieben des letzteren zwischen den Armaturen T und T′, so daß ihre Stellung gegen die Membran ohne Aenderung der Lage des Magneten M corrigirt werden kann. Die Drahtenden der beiden Spulen E und E′ sind mit den zur Aufnahme der Leitungsdrähte dienenden Klemmen P und P′ verbunden.

Bell's neuer telephonischer Uebertrager [1]) (deutsches Reichs-Patent Nr. 11900, 25. April 1880). Bei dieser neuen Construction wendet Bell im Empfänger nicht wie bisher eine Membran an, welche durch die Schallwelle in Schwingungen versetzt wird, und durch ihre Einwirkung auf einen Magnet Stromstärkeschwankungen hervorruft, sondern er benutzt anstatt einer Membran einen elastischen, aus Kautschuk oder dergl. gefertigten, lufterfüllten Ball, dessen Oberfläche mit einem leitenden Ueberzuge versehen ist. Derselbe wird von zwei auf isolirender Unterlage befestigten Metallfedern getragen, welche mit verbreiterten Flächen gegen ihn drücken und so einen Contact mit dem Graphitüberzuge herstellen. Diese Federn schließen den Stromkreis einer galvanischen Batterie, welche auch das empfangende Telephon aufnimmt. Durch die abwechselnde Zusammenziehung und

1) Elektrotechn. Zeitschr., Februar 1881, S. 75.

Ausdehnung der den Ball umgebenden Luft, hervorgerufen durch die Schallwellen, welche beim Sprechen auf den Ball treffen, soll ein Zusammendrücken und Wiederausdehnen des Balles erzeugt und hierbei die Lage der einzelnen Partikelchen des leitenden Ueberzugs zu einander abgeändert werden.

Bedenken erregt bei diesem Empfangsapparat die Form der vibrirenden Membran; denn es ist zweifelhaft, ob die kugelförmige Fläche die Luftschwingungen ebensogut aufnehmen wird, wie eine Ebene.

Bei dem Telephon von F. A. Sasserath [1]) in Berlin (Patent Nr. 11477, 18. Januar 1880) ist die metallische Membran durch eine solche aus Micaholz oder einer andern nichtleitenden Substanz ersetzt. Dieselbe ist mit dem in eine Zunge auslaufenden Pol eines Hufeisenmagneten verbunden durch einen dazwischenliegenden Gummiwürfel, welcher im Mittelpunkt der Membran befestigt ist und deren Schwingungen auf die Zunge überträgt. Der Druck dieses Würfels wird durch eine auf den Magnet wirkende Schraube geregelt, während andererseits eine Feder den Magnet von der Membran zu entfernen sucht. Der andere Magnetpol ist mit einer Drahtspule versehen, deren Kern bis an die Metallzunge reicht, so daß sich beide Pole innerhalb des magnetischen Feldes befinden. Wenn nun die Membran des Senders durch Sprechen gegen dieselbe in Schwingungen versetzt wird, so pflanzen sich diese auf die Metallzunge fort und je nach der Größe der Schwingungen, die diese macht, wechselt die magnetische Kraft und die Stärke des inducirten Stromes. Dieser geht dann nach dem Empfangstelephon, wo die Wirkungen sich in der gerade umgekehrten Ordnung von der Spule durch die Feder auf die Membran übertragen und diese in tönende Schwingungen versetzt, durch welche die articulirten Laute erzeugt werden.

Die Gebrüder Naglo in Berlin haben bei ihrem Telephon [2]) die wesentliche Einrichtung des Bell'schen beibehalten, sie setzen aber den Stabmagnet aus mehreren einzelnen Stahllamellen zusammen und fassen das Ganze in Messingblech statt

1) Elektrotechn. Zeitschr., Februar 1881, S. 74.

2) Die Geschichte und Entwickelung des elektrischen Fernsprechens. 2. Aufl. Berlin 1880, S. 46.

in Holz, welche Fassung mit mehreren Schallöffnungen versehen ist. Als Anrufevorrichtung dient eine Signalpfeife, ähnlich wie bei dem Siemens'schen Fernsprecher mit Hufeisenmagnet. Die Lautwirkung mit diesem Apparate ist besser als bei vielen der älteren Constructionen, wenn auch nicht so gut wie bei den neuesten Siemens'schen Apparaten.

Der von P. Suckow in Breslau construirte Fernsprecher enthält statt eines Magnetstabes, wie das Bell'sche Telephon, eine größere Zahl, 12 bis 18, die symmetrisch mit ihren Drahtspulen um ein Rohrstück geordnet sind. Das eine Ende dieses Rohres reicht bis dicht an die schwingende Eisenblechmembran, an das andere Ende aber kann ein Schlauch angesetzt werden, dessen Ende man an das Ohr hält und dann die Schwingungen der Membran deutlich wahrnimmt. Die einzelnen Drahtspulen, welche größere Länge und geringeren Durchmesser als gewöhnlich haben, sind derart hintereinander geschaltet, daß ein den Draht durchlaufender Strom auf alle Magnetstäbe in gleichem Sinne wirkt.

Das Pantelephon von de Locht-Labye in Lüttich.[1]) De Locht glaubt, daß es zur Herstellung eines empfindlichen Telephons nöthig sei 1. die Oberfläche des beweglichen Theiles ohne merkliche Vermehrung seines Gewichtes zu vergrößern, 2. den Hebelarm des Schwingungsmittelpunktes in Bezug auf die Aufhängungsachse zu verlängern, und 3. eine Anordnung des beweglichen Theiles und eine Verbindung desselben mit dem festen Gestell ausfindig zu machen, die ihm den höchsten Grad von Beweglichkeit sicheren.

Nach verschiedenen Versuchen ist derselbe schließlich auf die nachfolgend beschriebene Anordnung gelangt, vgl. Fig. 29 und 30. Eine quadratische Platte P von 15. Centim. Seitenlänge und von 0,2 bis 0,3 Millim. Dicke aus Aluminium, dünnem Eisen-, Stahl- oder Messingblech, Glimmer oder Korkholz, steif und möglichst indifferent gegen Temperaturänderungen und Feuchtigkeit ist an ihrer oberen Seite mittels Federn F an einem Träger C der Gestellplatte Q befestigt. In der Mitte ihrer untern Seite ist eine kleine Kohlenscheibe k

---

1) Revue universelle des mines, Vol. 6, p. 706; Vol. 7, p. 207. Elektrotechn. Zeitschr. Juli 1880, S. 251. Dinglers Polytechnisches Journal, Bd. 237, Heft 6.

angelöthet, die sich an eine kleine Silber- oder Platinplatte a (Fig. 30) am Ende einer Feder f lose anlegt. Diese Feder (s. die Seitenansicht Fig. 30) kurz, hart, wenig biegsam, ist mittelst der Schraube v an einen kupfernen Träger b angeschraubt und wird durch die Stellschraube s nach Bedarf gespannt (regulirt). Der Batteriestrom geht nun aus dem Draht L (Fig. 29) nach b, f, a und k, dann in die Platte P und durch die Federn F in den Draht L′. Die Aufhängung an zwei Federn ist hier wesentlich und soll jede seitliche Bewegung verhindern, vielmehr nur eine solche normal zur Aufhängeaxe zulassen, und soll namentlich dazu beitragen, articulirte Laute klar und bestimmt wiederzugeben. Der zur mikrophonischen Platte gewählte Stoff hat wesentlichen Einfluß auf die Eigenart des telephonischen Wortes. Beim Glimmer gleicht es dem Zittern der Stimme eines Greises, bei Metall ist es hellklingend, bei Eisen oder Stahl rauh, bei Rauschgold und Messing angenehm, bei Pergament oder Tapetenpapier näselnd, am natürlichsten aber bei unpolirtem Holz und besonders bei Korkholz.

Fig. 29.

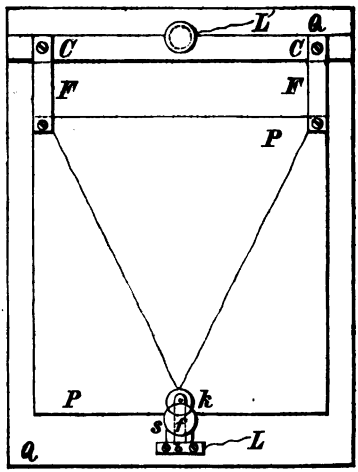
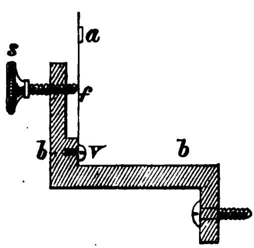


Fig. 30.



Dieser Apparat zeichnet sich nach des Erfinders Angabe dadurch aus, daß man aus einer verhältnißmäßig großen Entfernung, angeblich bis auf mehrere hundert Meter, und zwar auch mit abgewandten Gesicht sprechen könne, ohne daß der

Erfolg dadurch beeinträchtigt werde. Deshalb eigne er sich besonders fürs Sprechen von der Erdoberfläche aus ins Erdinnere, also bei bergmännischen Bauten, z. B. beim Kohlenbau, wo man, vom Sprechen abgesehen, auch Geräusche und Bewegungen des Grubenbodens controliren und in Verbindung mit einem Anemometer die von Barometerstand und Luftströmungen abhängigen schlagenden Wetter zeitig genug entdecken könne, um Unglücksfälle zu vermeiden.

Es ist früher (vgl. dieses Jahrb. XIV, S. 96) des Elektro-Hydro-Telephons von Richmond Erwähnung geschehen, bei welchem eine Schicht Wasser in den Stromkreis eingeschalten ist, innerhalb deren der Abstand der beiden Leitungsdrähte sich mit den Oscillationen der Platte, gegen die gesprochen wird, ändert, wodurch dann auch entsprechende Oscillationen der Stromstärke bedingt sind.

In ähnlicher Weise erfolgt die Aenderung der Stromstärke auch bei dem Telephon von E. Holdinghausen in Hilchenbach (Patent Nr. 7349, 19. März 1878). Dieselbe wird nämlich bewirkt durch Aenderung des Widerstandes im Schließungskreis einer Localbatterie dadurch, daß der Querschnitt eines Tropfens einer leitenden Flüssigkeit, der zwischen der Membran und einem feststehenden, oben mit einer kleinen Vertiefung versehenen Stifte angebracht ist, durch die Schwingungen der Membran geändert wird. Der Anwendung eines solchen in die Leitung eingeschalteten Tropfens zu dem angegebenen Zwecke begegnet man übrigens auch bei der Abänderung des Reis'schen Telephons, die Yeates in Dublin 1865 vornahm (vgl. dieses Jahrb. XIV, S. 83).

Das Beachtenswertheste bei dem Holdinghausen'schen Apparate ist indessen der Empfänger. Die Membran des Gebers, welche durch die Schallwellen in Schwingungen versetzt wird, ist in den Stromkreis der bereits erwähnten Localbatterie eingeschalten, welcher durch die primäre Windung eines Ruhmkorff'schen Inductionsapparates geschlossen ist. Die Inductionsströme, welche in der secundären Windung des Inductors erzeugt werden, gelangen dann durch die Leitung nach der Empfangsstation, wo sie entweder unmittelbar durch die Umwindungen des Elektromagneten einer Resonanzvorrichtung oder durch die Elektromagnetrollen eines Relais

geleitet werden. Letzteres setzt eine Membran in Schwingungen, durch welche wieder die Stärke eines Localstromes, entsprechend den Schallwellen, welche die vorerwähnten Inductionsströme erzeugen, geändert wird. Dieser Localstrom dient dann zur Erzeugung von Inductionsströmen, welche die Membran des eigentlichen Empfangsapparates in Bewegung setzen.

Einen interessanten Vorschlag zu einem Telephon-Sender hat Berthold Pensky in Berlin gemacht (Deutsches Reichs-Patent Nr. 7044, 2. Novbr. 1878).[1] Anstatt die Schwingungen einer Platte oder die Erschütterungen eines etwas beweglichen Körpers unmittelbar zu Widerstandsänderungen und dadurch zu Stromstärkenschwankungen zu verwerthen, will derselbe die verschiedenen Winkelbewegungen benutzen, welche beim Schwingen einer Membran von Federn ausgeführt werden, die rechtwinklig zu dieser angebracht sind. Beim Schwingen der Membran ändert sich nämlich je nach der Weite der Oscillationen die gegenseitige Stellung zweier an den Enden der Membran, senkrecht gegen dieselbe befestigten Metallfedern, auf denen Kohlenstücke angebracht sind, die im Ruhestande mit einer gewissen Kraft gegen einander gepreßt werden. Diese Kohlenstücke bilden nun einen Theil des zum Fernsprechen benutzten Stromkreises, dessen Leitungswiderstand daher beim Sprechen gegen die Membran in Folge der veränderten Stellung der Kohlenstücken gegen einander geändert wird.

Mit Hilfe dieses Principes ließen sich, wenn dasselbe sich bewähren sollte, brauchbare Uebertragungsstationen einrichten, und es könnte dann die Entfernung der mit einander zu verbindenden Endstationen durch Vermehrung der Uebertragungsstationen beliebig vergrößert werden. Leider scheint aber die praktische Brauchbarkeit des Pensky'schen Apparates bis jetzt noch nicht erwiesen zu sein.

In Nordamerika wird vielfach der von Francis Blake[2]) in Preston, Massachusetts, erfundene Telephonsender verwendet, welcher sehr gute Dienste leistet. Derselbe besteht im Wesentlichen aus folgenden Theilen: Eine dünne

1) Elektrotechn. Zeitschr., Mai 1880, S. 179. „Die Geschichte und Entwickelung des elektrischen Fernsprechens", S. 51.
2) Dies., Juni 1881, S. 218.

Eisenmembran wird durch zwei Federn, die an ihren freien Enden mit Hartgummiplättchen oder einem Gummischlauchstückchen versehen sind, nahe der Mitte gegen den innern Rand eines Metallringes gepreßt, von dem dieselbe indessen durch einen dazwischen gelegten Papier- oder Gummiring getrennt ist. Der Metallring dient den sämmtlichen Theilen als Grundlage und ist auf ein mit einem Schalltrichter versehenes Bret aufgeschraubt, das den Deckel des Gehäuses bildet, welches das Ganze umschließt. Die Contactvorrichtungen sind an einem Winkelstück von der Form  angebracht, welches durch eine Feder an einem Lappen des Metallringes befestigt ist, der zur Ebene des letzteren senkrecht steht. Die beiden Arme des Winkelstückes sind gegen die Membran gerichtet, und sein Mittelstück ist parallel zur Ebene derselben. Der kleine rechtwinklige Arm trägt nun an zwei Federn, die gegen ihn und gegen einander isolirt sind, die Contactstücke. Das eine besteht aus einem kleinen Platinhämmerchen, das der Membran zunächst liegt, aber durch seine schwache Feder von derselben abgedrückt wird. An dasselbe stößt das zweite Contactstück und drückt es in Folge der Spannung seiner starken Feder gegen die Membran; es besteht dieses zweite Stück aus einem Kohlenstückchen, welches in einer massiven etwas schweren Metallhülse sitzt. Zur Einstellung dient eine Schraube, welche in einem zweiten, dem ersten diametral gegenüber stehenden Lappen des Metallringes sitzt und auf die Außenseite des schiefen Armes des Winkelstückes wirkt. Die Stromleitung geht von den beiden Contactstücken durch die primäre Rolle eines Inductors zu einer kleinen Localbatterie zurück; die Enden der secundären Rolle dagegen sind mit der Telephonleitung verbunden.

Als Empfänger wird das Bell'sche Telephon benutzt. Als Anrufeapparat aber findet eine elektrische Klingel Verwendung, welche durch elektrische Ströme in Thätigkeit gesetzt wird, die durch Drehen einer Kurbel erzeugt werden.

Bei dem Telephonsender von Emil Berliner[1]) in Washington ist die schwingende Eisenmembran von einem um ihren Rand gelegten Gummiring eingefaßt und wird

1) Elektrotechn. Zeitschr., Juni 1881, S. 218.

zwischen vier Vorsprüngen an den mit einer Schallöffnung versehenen Deckel des Gehäuses angepreßt, welches das Ganze umschließt. Auf der Membran ruht nun ein cylindrisches Stück Graphit, welches in einer Blechhülse sitzt, die auf eine Neusilberfeder geschraubt ist, welche durch eine Schraube fest gegen den Gummiring, mit ihrem andern Ende aber, das in einem Stück Gummirohr steckt, durch eine zweite Feder auf die Membran selbst gepreßt wird. Die erste Schraube sitzt in einem Stück Hartgummi, das in einen Gußvorsprung eingelassen ist, und wird auf diese Weise von dem metallenen Deckel isolirt. Zwischen das Hartgummistück und den Vorsprung ist noch ein ziemlich breiter Messingstreifen von 1 Millim. Dicke eingeklemmt, aus dessen mittleren Theile ein Lappen schräg nach oben gebogen ist; an diesen ist ein Messingstreifen angeschraubt, an welchen sich in einem Scharnier ein zweiter anschließt, und an dessen freiem Ende sitzt ein in eine Hülse eingeschlossener Graphitcylinder, welcher frei herabhängt und sich in Folge der eignen Schwere gegen das auf der Membran ruhende Graphitstück legt. Die Zuleitung des Stromes erfolgt durch die Feder und den Streifen aus Neusilber. Durch eine an seinem freien Ende befindliche Schraube kann die Stellung des Streifens gegen die Membran regulirt werden. Wie beim Blake'schen Apparate wird auch bei diesem Sender die Wirkung durch eine eingeschaltete Inductionsspirale erhöht.

Neuerdings wird Berliner's Sender in etwas anderer Form ausgeführt. Es ist nämlich das obere der beiden durch das Scharnier verbundenen Messingplättchen an der Stelle, wo die Schraube durchgeht, die ihn an dem am Deckel angeschraubten Neusilberstreifen festhält, mit einem längeren Schlitze versehen und damit leicht verstellbar gemacht. Ferner geht von der Hülse des an der Membran befestigten Graphitstückchens eine Neusilberfeder aus, über welche an der Stelle, wo sie sich an die Hülse anschließt, ein Stückchen Gummischlauch geschoben ist, das die Feder von der Membran trennt; bei geschlossenem Sender legt sich diese Feder auf ein Neusilberblech auf, an welches durch die primäre Spule des Inductors hindurch das eine Ende des Schließungskreises geführt ist, während das andere an eine beim Schließen vom Deckel

berührte Feder gelegt ist. Die Membran ist auch bei diesem Sender durch einen Gummiring, der um ihren Rand gelegt ist, vom Deckel getrennt. Es wird dadurch der metallische Klang der von dem Telephon übermittelten Töne vermieden, der sonst häufig zu beobachten ist.

Bei dieser Gelegenheit mag gleich erwähnt werden, daß für E. Berliner neuerdings die Priorität der Erfindung des Mikrophons in Anspruch genommen wird, weil derselbe bereits am 14. April 1877, als er noch in einem Droguengeschäft in Washington thätig war, ein Patent für ein Contacttelephon bei dem Patentamt zu Washington angemeldet habe. In diesem Telephon, von dem das oben zuerst beschriebene als weitere Entwickelung zu betrachten ist, wurden die Töne übertragen und wiedererzeugt „durch eine schwingende Metall- oder Kohlenplatte, welche in Contact mit einem Metall- oder Kohlenstift steht. Die Uebertragung wurde dadurch bewirkt, daß bei jeder Tonschwingung, welche die Platte erregte, der elektrische Strom entweder abgebrochen oder abwechselnd geschwächt und verstärkt wurde. Die Reproduction des Tones wurde dadurch hervorgerufen, daß ein eben solcher Strom von elektrischen Wellen durch einen ähnlichen Empfangsapparat ging, welcher ebenfalls aus einer schwingenden Metall- oder Kohlenplatte in Contact mit einem Metall- oder Kohlenstift bestand."

Bei diesem Contacttelephon, das am 15. Januar 1878 patentirt wurde, ist in der That von dem Princip, welches Hughes in seinem Mikrophon zur Anwendung brachte, bereits Gebrauch gemacht. Nach der Darstellung, die T. W. Lockwood in Boston in einem an dem „Operator" in New-York gerichteten offenen Briefe [1]) giebt, wäre demnach Berliner der erste Erfinder des Telephons. Im Grunde hat freilich auch Edison das gleiche Princip, wenn auch in etwas anderer äußerer Form, in seinem Telephonsender (vgl. dieses Jahrb. XIV, S. 96) angewandt; während aber Berliner bereits am 14. April 1877 seine Erfindung in der an das Patentamt gerichteten Anmeldung beschrieben hat, datirt Edison's

1) Abgedruckt in der Centralzeitung für Optik und Mechanik. 1881, Nr. 4, S. 40.

Patentgesuch vom 27. April; Hughes begann seine Versuche bezüglich des Mikrophons erst im December 1877, zeigte den ersten brauchbaren Apparat dieser Art im Januar 1878 in engerem Kreise vor und trat im Mai desselben Jahres damit an die Oeffentlichkeit.

Ein älterer Mikrophon-Sender ist der von Ch. Varey in Paris angegebene (Deutsches Reichs-Patent Nr. 9261, 22. October 1878),[1] bei dem sich das Mikrophon innerhalb eines als Resonanzkasten dienenden ganz geschlossenen Raumes befindet. Der zur Aufnahme des Apparates dienende, aus dünnen Holzbretchen zusammengesetzte Kasten ist an einer Seite mit einer Schallöffnung versehen, unterhalb welcher im Innern eine Glimmerplatte liegt, die das Mikrophon von der äußern Luft scheidet. In der Kammer ist zugleich die zum Betrieb dienende Batterie, sowie die unter Umständen benutzte Inductionsrolle untergebracht.

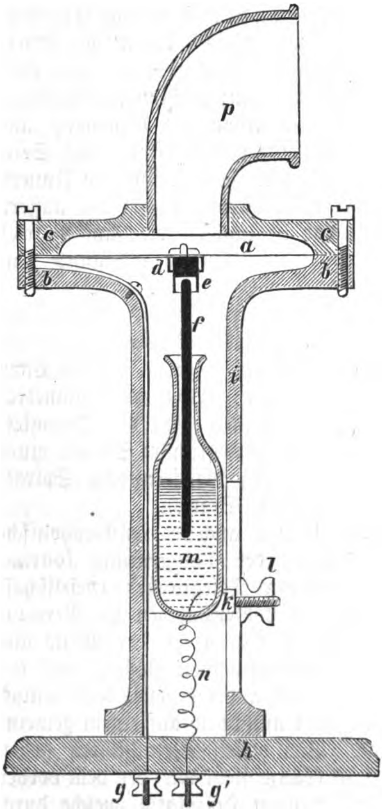
Croßley[1]) in Halifax wendet bei seinem Mikrophonsender vier stabförmige Mikrophone aus Kohle an, welche die Seiten eines Quadrates bilden und sich gegen 4 in den Ecken befindliche feste Kohlenstückchen stützen. Von zwei diametral gegenüberliegenden Ecken des Quadrates geht die Stromleitung einer Batterie aus, in welche die primäre Spirale eines Inductionsapparates eingeschaltet ist; die secundäre Spirale sendet ihren Strom nach der andern Station.

Auf demselben Princip beruht auch der mikrophonische Apparat, dessen sich nach Angabe des Telegraphic Journal vom 15. Februar 1880 die Gower-Telegraphen-Gesellschaft bedient.[1]) Bei diesem kommen 6 Kohlenstäbchen zur Verwendung, die radial geordnet sind, so daß sie in der Mitte alle gegen ein und dasselbe feste Kohlenstückchen stoßen; auf der Außenseite aber stößt jedes an ein anderes festes Kohlenstück, und zwar sind je drei solche Kohlenstückchen auf einem gemeinsamen Metallstück befestigt. Von diesen Metallstücken gehen die Leitungsdrähte aus. Das Ganze steht wie bei dem vorher erwähnten Sender auf einer dünnen Holzplatte, welche durch die Schallwellen in Schwingungen versetzt wird.

1) Die Geschichte und Entwickelung des elektrischen Fernsprechwesens. 2. Aufl. S. 48.

Bei dem Telephonsender von Geo. M. Hopkins [1]) wird zur Regulirung des Druckes, den zwei zur Aenderung der Stromstärke eingeschaltete Kohlenstückchen gegen einander üben, der Auftrieb benutzt, dem ein mehr oder weniger tief in Quecksilber eingetauchter Kohlenstab ausgesetzt ist. Die Einrichtung dieses Apparates ist aus Fig. 31 ersichtlich.

Fig. 31.



Ein Glimmerblatt a von ungefähr 4 Centim. Durchmesser ist mittels des Mundstückes c, an das sich das Schallrohr p anschließt, auf der ringförmigen Unterlage b in gewöhnlicher Weise befestigt. Beide, Mundstück wie Unterlage, sind aus einem dem Zusammenziehen nicht unterworfenen Material, z. B. gut mit Paraffin getränktem Holz, Ebonit ꝛc. hergestellt. In der Mitte der Membran ist ein kleiner Messingbecher d befestigt, der einen von der Papierhülse e umgebenen Kohlencylinder aufnimmt. Letzterer hat 4 bis 5 Millimeter Durchmesser und ragt bei gleicher Länge etwas über den untern Rand des Messingbechers heraus. Dieser steht in leitender Ver-

1) Die Geschichte und Entwickelung des elektrischen Fernsprechens. 2. Aufl. S. 50.

bindung mit der Messingfassung, welche ihrerseits durch einen Kupferstreifen mit der am unteren Theile des Apparates befindlichen Klemmschraube g verbunden ist. Die bisher beschriebenen Theile ruhen auf einem hohlen Cylinder i von 10 Centim. Höhe und 15 Millim. innerer Weite, der vertical auf dem Untersatz h steht. In dem Cylinder ist der innerhalb gewisser Grenzen auf- und abwärts verschiebbare und mittels der Schraube l festzustellende Ring k angebracht, welcher zur Aufnahme der Flasche m dient, deren unterer Theil mit Quecksilber gefüllt ist. In dieses ragt der obere Theil des durch den Boden der Flasche gehenden Platindrahtes n, dessen unteres Ende mit der Klemmschraube g′ verbunden ist. In das Quecksilber taucht der an beiden Enden abgerundete Kohlenstab f, der durch den engen Hals der Flasche hindurchgeht und mit seinem obern Ende gegen die Unterfläche des Kohlencylinders in d stößt. Je nachdem nun dieser Stab beim Sprechen gegen die Platte a mehr oder weniger tief in das Quecksilber eintaucht, wird sich auch der Druck der beiden Kohlenstücke gegen einander und damit die Stromstärke ändern. Die Klemmen g und g′ stehen durch die primäre Spirale einer Inductionsrolle mit einer Localbatterie von 1 bis 2 Elementen in Verbindung; die Enden der secundären Spirale aber sind einestheils mit der Erde, anderntheils durch die Leitung mit dem Empfangsapparat der andern Station, einem gewöhnlichen Bell'schen Telephon, in Verbindung.

O. Stürmer, Telegraphensecretär in Königsberg i. Pr., der Ende 1880 mit diesem Apparate ohne genügende Resultate experimentirte, hat folgende Abänderung desselben versucht.[1])

Auf der untern Seite und in der Mitte einer gespannten, aus mittelstarkem Zeichenpapier bestehenden Membran wurde ein mit rundlicher Spitze versehenes, etwa 2 Centim. langes Stück Kohle, wie es zu den Jablochkoff'schen Brennern Verwendung findet, befestigt, welches gegen ein auf Quecksilber schwimmendes Kohlenplättchen drückte. Das Kohlenstäbchen einerseits und das Quecksilber andrerseits standen durch Leitungsdrähte mit Batterie und Telephon in Verbindung.

---

1) Elektrotechn. Zeitschrift, April 1881, S. 147.

Aber die Uebermittelung ließ auch mit dieser Anordnung viel zu wünschen übrig und war im Ganzen nicht vollkommener als mit der ursprünglichen Hopkins'schen: Bei zu starker Pressung durch Emporheben des Quecksilbernapfes hörte man nichts, wurde aber das Gefäß gesenkt, so daß vollkommene Unterbrechung eintrat, so wurde die Wirkung durch lästiges Knacken gestört.

Den letzteren Uebelstand hob indessen Stürmer dadurch, daß er über das Quecksilber, und zwar so hoch, daß der Kohlenstift eintauchte, eine Schicht mäßig concentrirter Salzlösung goß. Das Knacken hörte jetzt auf und die Uebermittlung wurde ganz erträglich.

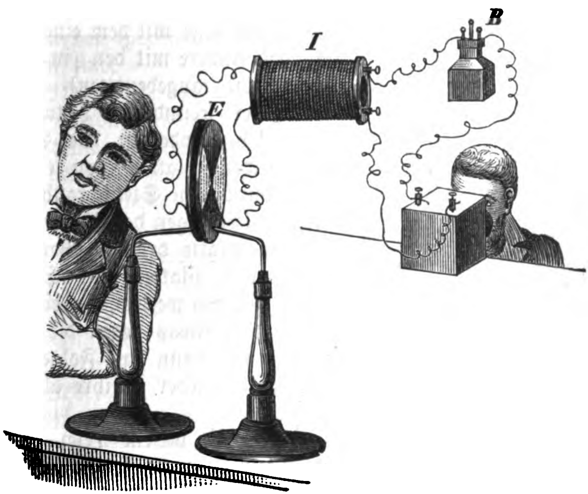
Dr. C. Lehmann in Berlin benutzt in seinem Fernsprechapparat (Deutsches Reichspatent Nr. 11595, 7. März 1880)[1]) zur Verstärkung der Schallwirkung die Eigenschaft eines Kohlemetallpulvers, in lockerem Zustande beinahe ein Nichtleiter der Elektricität zu sein, wenn dieselbe keine erhebliche Spannung besitzt, dagegen die Elektricität verhältnißmäßig gut zu leiten in gepreßtem oder wenigstens stark zusammengedrücktem Zustande. Er schaltet zu dem Zwecke solches Pulver, bestehend aus etwa 75 Proc. Kohle und 25 Proc. Silber, in elastische Wandungen eingeschlossen, folgendermaßen mit einem gewöhnlichen Telephon in den Stromkreis einer Batterie: An die horizontale Membran eines Fernsprechers ist genau in der Mitte, senkrecht nach unten gerichtet, eine gut polirte und genau konisch verlaufende Stahlnadel angelöthet, deren Spitze in einen möglichst dicht unter der Membran befindlichen Pfropfen aus weichem Gummi sticht, welcher in einer nach unten offenen Höhlung das Kohlesilberpulver enthält. Der Gummipfropfen wird von einer Messinghülse umschlossen, die ihm etwas Raum zur Ausdehnung gewährt und die von unten durch eine Messingschraube geschlossen wird, deren konischer, etwas in das Pulver hineinragender Ansatz einen gewissen Druck auf dasselbe ausübt. Diese Schraube ist mit dem einen Poldrahte verbunden, während die metallische Membran mit dem andern in Verbindung steht. Wenn nun die Membran schwingt, so dringt die Nadel abwechselnd mehr

1) Elektrotechn. Zeitschrift, Febr. 1881, S. 75.

oder weniger tief in das Pulver ein, wodurch ein abwechselndes Zusammendrücken und Lockern desselben und damit eine entsprechende Aenderung der Stromstärke bewirkt werden soll.

Ein elektrostatisches Empfangs-Telephon hat Prof. A. E. Dolbear von Tuft's College in Massachusetts angegeben.[1]) Die beiden Metallscheiben E eines Condensators stehen sich nahe gegenüber, wie Fig. 32 im Princip andeutet, und sind mit je einem Ende des secundären Drahtes einer Ruhmkorff'schen Inductionsrolle J verbunden, während in die

Fig. 32.

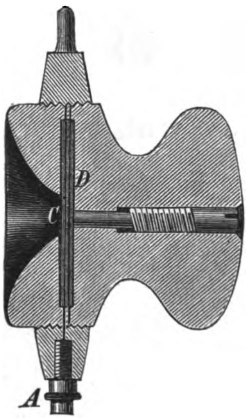


primäre Leitung dieser Inductionsrolle eine Batteria B und ein Sender eingeschaltet sind. Als solcher wird ein principiell mit dem von Reis angegebenen übereinstimmender benutzt, bestehend aus einem (horizontal liegenden) Diaphragma, welches einen Kohlencontact trägt, auf welchem ein zweiter Kohlencontact ruht, der auf einem leicht beweglichen Arme befestigt ist. Durch diesen Contact und zugleich durch die primäre Umwickelung von J geht der Strom der Batterie B.

1) Centralzeitung f. Optik u. Mechanik. 1881, Nr. 15, S. 173.

Es ist nun leicht einzusehen, daß durch die Schwingungen der Membran im Reis'schen Geber der primäre Strom abwechselnd verstärkt und geschwächt wird. Daraus entstehen dann Ströme in dem secundären Drahte und Ladungen der Condensatorplatten E, von denen die vordere beweglich, die hintere aber in der Mitte und am Rande befestigt ist. Bei dem wirklichen Empfangsapparate sind nämlich die Platten nicht so, wie Fig. 32 es zeigt, einander gegenübergestellt, sondern der Empfänger hat die in Fig. 33 im Querschnitt dargestellte Form. C und D sind die beiden von einander isolirten metallenen Diaphragmen, von denen das eine mit dem einen Ende A, das andere mit den (in der Figur nicht angedeuteten) zweiten Ende der secundären Leitung der Rolle J verbunden ist. Der Abstand der beiden Platten von einander wird durch eine Stellschraube regulirt, welche gegen das Centrum der hintern Platte drückt. Wenn nun die beiden Platten mit Elektricitäten geladen werden, so biegt sich die vordere etwas gegen die andere und kehrt dann in Folge ihrer Elasticität wieder in ihre alte Lage zurück.

Fig. 33.



Die mit diesem Telephon angestellten Versuche sollen gut ausgefallen sein, die gesprochenen Laute wurden klar und deutlich wiedergegeben, ohne daß sich unangenehme Störungen geltend machten. Auch sollen sich bei dem Dolbear'schen Systeme die durch Ströme in Nebendrähten hervorgerufenen Inductionsströme weniger empfindlich bemerkbar machen, als bei den elektro-magnetischen Telephonen.

Einen in theoretischer Hinsicht interessanten telephonischen Empfangsapparat hat James Blyth in Edinburg angegeben.[1]) Bereits am 6. Januar 1879 hat derselbe

1) Nature XXII, p. 330.

der Königlichen Gesellschaft zu Edinburg Mittheilung gemacht von seiner Entdeckung, daß durch die bloße Reibung zwischen Leitern ein elektrischer Strom entsteht, den man leicht mit einem Telephon oder auch mit einem Thomson'schen Galvanometer wahrnehmen kann. Für alle Paare von Metallen, welche Blyth versuchte, hatten diese Ströme dieselbe Richtung, wie die Thermoströme, die man durch Erhitzung der Berührungsstelle erhalten würde. Es deutet dies darauf hin, daß wir es hier mit schwachen Thermoströmen zu thun haben, was auch durch den Umstand bestätigt wird, daß die Ströme, wenigstens annähernd, um so stärker sind, je weiter die beiden Metalle in der thermo-elektrischen Spannungsreihe von einander entfernt sind.

Blyth hat auch eine einfache Vorrichtung zur Erzeugung solcher Ströme angegeben: Gegen einen rasch rotirenden Antimoncylinder wird eine Wismuthplatte durch eine kräftige Feder gedrückt. Wird diese Vorrichtung mit einem Mikrophonsender und einem Telephon leitend verbunden, so ist der erhaltene Strom ausreichend zur Uebermittelung von musikalischen Tönen wie gesprochenen Worten. Am brauchbarsten fand Blyth einen Geber, den er sich herstellte, indem er auf einer Violine zwei Würfel aus Gaskohle aufschraubte, in deren konischen Aushöhlungen ein längeres, an den Enden zugespitztes Kohlenstäbchen ruhte; eine Papierfeder diente zur Regulirung des Contactes.

Blyth versuchte nun weiter, ob ein Batteriestrom eine Aenderung in dem durch Reibung erzeugten Strome hervorbringt. Bei den einschlagenden Versuchen erhielt er die deutlichste Wirkung, wenn die Reibung sich auf einen Punkt beschränkte und der eine der reibenden Körper ein bloßer Punkt, der andere eine glatte Metallfläche ist. Dies führte nun Blyth zur Construction seines Empfängers. Derselbe besteht aus einem rasch rotirenden Wismuthcylinder. Der Reibungspunkt wird durch eine Nähnadel gebildet, deren Spitze rechtwinklig umgebogen und deren anderes Ende in der Mitte der Glimmerplatte eines Phonograph-Mundstückes befestigt ist. Auf solche Weise entsteht ein loser, leicht veränderlicher Contact. Wird dieser Apparat mit dem Violinmikrophon in den Stromkreis einer Batterie von 2 oder 3 Bunsen'schen Elementen

eingeschlossen, so lassen sich Violintöne auch übertragen, wenn der Cylinder nicht rotirt.

Das Differential-Telephon von Chrystall[1].) Die Einrichtung dieses Apparates, von dem Prof. G. Chrystall am 21. August 1880 der Königlichen Gesellschaft in London ein Exemplar vorzeigte, unterscheidet sich von der eines gewöhnlichen Telephons in derselben Weise, wie diejenige eines Differential-Galvanometers von der eines gewöhnlichen Galvanometers; nur erfolgt bei dem Chrystall'schen Apparate die Beobachtung nicht mit dem Auge, sondern mit dem Ohr. Zwei dünne Drähte sind zusammengewunden und dann auf gewöhnliche Weise um einen Magnet gewickelt. Geht nun ein unterbrochener Strom in entgegengesetzten Richtungen durch die beiden Windungen des Telephons, so hört man keinen Laut. Dazu ist indessen nothwendig, daß nicht nur der Widerstand in beiden Windungen gleich groß sein muß, sondern auch der Grad der Selbstinduction, und diese Forderungen vollständig zu erfüllen, war an dem vorgezeigten Instrumente nicht gelungen.

Prof. Chrystall machte ferner darauf aufmerksam, wie man das Differential-Telephon benutzen könnte zur Vergleichung des Grades der Selbstinduction zweier Spiralen, sowie der Capacität zweier Condensatoren und zur Untersuchung des Widerstandes, den Elektrolyte dem Durchgang des Stromes entgegenstellen.[2])

Das Drahttelephon. William Henry Preece machte der Königlichen Gesellschaft am 27. Mai 1880 einige Mittheilungen über thermische Wirkungen elektrischer Ströme.[3]) Derselbe spannte bei seinen Versuchen dünne Metalldrähte in horizontaler Lage aus, indem er sie einerseits in einer Klemme, andererseits in der Mitte einer dünnen, vertical stehenden Papier- oder Eisenplatte befestigte, und schaltete diese Drähte nebst einem mikrophonischen Zeichengeber in den Stromkreis einer Bichromatbatterie von 6 Elementen ein. Es zeigte sich, daß beim Durchgang des Stromes die gegen den Zeichengeber

1) Nature XXII, p. 331.

2) Proceedings of the Royal Soc. of Edinburgh. 1879/80, p. 685; auszugsweise in den Beiblättern zu den Ann. der Physik u. Chemie, Bd. V, S. 72.

3) Nature XXII, p. 138.

gesprochenen Worte zwar etwas dumpf, aber völlig deutlich reproducirt wurden. Preece hält dies für eine Folge der wechselnden Ausdehnungen und Zusammenziehungen die der Draht bei der mit den Veränderungen der Stromstärke rasch wechselnden Temperatur erleidet.

Derselbe stellte nun Versuche an über die für die Tonerzeugung günstigsten Verhältnisse. Bei Prüfung von Drähten von einem Zoll bis 6 Fuß Länge erwies sich 6 Zoll (15,2 Centimeter) als zweckmäßigste Länge, und unter verschiedenen Stärken zwischen 0,0005 bis 0,005 Zoll Durchmesser gab ein Draht von 0,001 Zoll (0,025 Millimeter) die beste Wirkung. Als ferner Drähte von 6 Zoll Länge und 0,001 Zoll Durchmesser von verschiedenen Metallen probirt wurden, gab Platin das beste Resultat, und die Reihenfolge der übrigen Metalle war in absteigender Folge: Aluminium, Palladium, Eisen, Kupfer, Silber, Gold; beim Gold war die Wirkung nur ganz gering. Stärkere Spannung änderte die Wirkung nicht, sobald die Drähte einmal genügend gespannt sind; Gold vermag die erforderliche Spannung kaum auszuhalten. Ein dünner Kohlenstab von 0,0625 Zoll (1,6 Millimeter) Durchmesser gab erst bei Herstellung eines schlechten Schlusses eine Wirkung. Zischlaute konnten nicht reproducirt werden.

Einen ähnlichen Apparat hat ungefähr gleichzeitig Chrystall hergestellt.[1]) Von ihm rührt der Name „Drahttelephon“ (Fine Wire Telephone) her; auch hat er darauf hingewiesen, daß schon vor einigen Jahren Dr. Ferguson ähnliche Versuche angestellt hat. Chrystall befestigte den Draht einerseits an der Membran einer Trommel oder auch an der Eisenplatte eines Höhrrohrs, auf der andern Seite aber spannte er ihn durch ein Gewicht, das an einer über eine Rolle geleiteten Schnur hing. Beim Durchgang eines Stroms, der durch ein Mikrophon intermittirend gemacht worden war, zeigte sich die Wirkung am deutlichsten bei einem sehr dünnen Silberpalladiumdraht, bei dem die Schnur sich hob, wenn der Ton des Mikrophons anschwoll. Ein dicker und kurzer Palladiumdraht, der vom Strom zur dunkeln Rothgluth erhitzt war, glühte dabei hell auf.

---

1) Nature XXII, p. 169, 303.

Chrystall schaltete ferner ein Violinmikrophon mit einer Säule von 4 Bunsen'schen Elementen in den Schließungskreis der primären Rolle eines kleinen Inductoriums, das Drahttelephon aber in den der secundären Rolle. Das letzere gab dabei ganz deutliche Töne, während bei einem großen Inductorium keine Wirkung zu erlangen war.

Als der ausgespannte Draht des Drahttelephons in ein Magnetfeld, quer zu den Kraftlinien, gebracht oder ein Magnetpol demselben genährt wurde, so war beim Durchgange eines beispielsweise durch eine eloktromagnetische Stimmgabel unterbrochenen Stromes ein lauter Ton hörbar. Bei dünnen Drähten, wie Messingdrähten von 15 Centimeter Länge und 0,4 Millimeter Durchmesser zeigten sich dabei bedeutende Transversalschwingungen bis zu 2 Millimeter Weite; beim Festhalten des Stabes mit den Fingern hörte der Ton auf.

Eine Aenderung der Richtung des Drahttelephons gegen die Richtung des Erdmagnetismus ist ohne Einfluß.

Ein Eisendraht gab beim Durchgange eines von einer Stimmgabel unterbrochenen Stromes einen zischenden Ton. Wurde der Draht durch einen Bunsen'schen Brenner theilweise erhitzt, so wurde der Ton eine Zeitlang lauter, bis er beim Rothglühen des Drahtes wieder an Stärke abnahm. Beim Abkühlen nimmt die Tonstärke anfänglich wieder zu und nimmt später ab. Am lautesten war der Ton bei dunkler Rothgluth. Weil das Anschwellen des Tones schon bei niederer Temperatur beginnt, so hält Chrystall die Aenderung der Elasticität nicht für die Hauptursache der Erscheinung; ebensowenig dürfte man solche in der Aenderung des Widerstandes zu suchen haben, da sich innerhalb der Grenzen der Experimente kein Maximum desselben ergab. Wesentlich scheinen dagegen die magnetischen Eigenschaften des Drahtes in Betracht zu kommen. Denn beim Erwärmen eines angelassenen Stahldrahtes wird erst der permanente Magnetismus des Stahles vernichtet und das Tönen wird schwächer; bei höherer Temperatur aber wächst die temporäre Magnetisirbarkeit bis zur Rothgluth, um dann wieder abzunehmen, und ganz entsprechend ändert sich auch die Stärke des Tönens.

Eine Claviersaite, die in das Telephon gespannt wurde, gab anfänglich keinen Ton, wohl aber nachdem sie longitudinal

magnetisirt worden war. Beim Erwärmen ward der Ton anfangs lauter, dann aber wieder schwächer, um hierauf abermals an Stärke zuzunehmen; beim Abkühlen waren die Aenderungen gerade entgegengesetzt. Es spricht dies ebenfalls für die Richtigkeit der obigen Annahme.

Aehnlich verhielt sich auch ein Nickelstab von 3 Centimeter Länge, 2 Centimeter Breite und 0,6 Centimeter Dicke. Ursprünglich gab er nur einen schwachen Ton, der aber stärker wurde nach longitudinaler Magnetisirung; bei 350° bis 400° verliert er seine Magnetisirbarkeit und hörte auch auf zu tönen. Ferner wurde bei Unterbrechung des Stromes ein Ton gehört, wenn man ersteren um zwei flache Eisenstücke, zwischen denen der Nickelstab sich befand, wie um einen Elektromagnet herumleitete; der Effekt blieb derselbe, wenn an Stelle des Nickelstabes eine Uhrfeder trat.

Auch ein Kobaltstab gab erst nach longitudinaler Magnetisirung einen sehr schwachen Ton, der beim Erwärmen erst abnahm und fast unhörbar wurde, dann aber wieder zunahm bis zur Rothgluth, ohne daß ein Maximum erreicht wurde.

Von der Betrachtung dieser mehr theoretischen Zwecken dienenden Apparate kehren wir zurück zu den für das praktische Fernsprechen bestimmten und gedenken hier noch des Vorschlags, den Dr. A. von Wurstenberger, Privatdocent am Polytechnikum zu Stuttgart gemacht hat [1]), um einen besondern Rufapparat für das Telephon, wie solche mehrfach angegeben worden sind, entbehrlich zu machen und das Telephon selbst zu diesem Zwecke zu benutzen. Derselbe will nämlich durch elektro-elektrische Wechselströme die Platte des empfangenden Telephons in hinlänglich starkes Tönen bringen. Er bedient sich hierzu eines gewöhnlichen Inductors, wie er für medicinische Zwecke gebräuchlich ist. Die primären Windungen des Inductors legt er dabei auf jeder Station, zugleich mit einem gewöhnlichen Drücker für Haustelegraphen, in den Stromkreis einer Localbatterie; die secundären Windungen aber werden in beiden Stationen einfach mit in die Telegraphenleitung eingeschalten. Bei dieser Anordnung tönt der Ruf beim Niederdrücken des Drückerknopfes auch in dem Telephon der rufen-

1) Elektrotechn. Zeitschrift, Mai 1880, S. 178.

den Station. Sind aber wegen der Länge der Leitung größere Inductionsspulen nöthig und wünscht man, daß ihr Widerstand die Telephonströme nicht schwächt, so lassen sich dieselben unter Anwendung eines Morsetasters statt des einfachen Drückers aus der Telephonleitung ausschalten. Der auf dem Ruhecontact aufliegende Taster stellt dann eine kurze Nebenschließung zu den secundären Windungen des Inductors her; drückt man aber den Tasterhebel auf den Arbeitscontact, um anzurufen, so wird die Batterie durch die primären Windungen geschlossen, und in diesem Stromkreise liegt ein Wagner'scher Hammer, dessen rasch hinter einander erfolgenden Schließungen und Unterbrechungen des Stromes der Localbatterie eine Folge von kräftigen Wechselströmen in der Telephonleitung hervorrufen und dadurch die Telephone zu lautem Tönen bringen.

Nächst der Beschreibung dieser verschiedenen Telephone gedenken wir noch eines neuerdings von Dr. Boudet in Paris angegebenen Mikrophons.[1]) Dasselbe besteht aus einer 7,5 Centim. langen Glasröhre von etwa 1 Centim. innerem Durchmesser, in welcher sechs Kugeln aus Retortenkohle von 9,8 Millim. Durchmesser liegen, die darin mit Leichtigkeit hin- und hergleiten können. Die Glasröhre selbst ist durch ein in der Mitte der Länge an ihr angebrachtes Scharnier beweglich auf einem Ständer angebracht, so daß man ihr die verschiedensten Neigungen gegen den Horizont geben kann.

An ihrem einen Ende ist mittels Kupferklammern ein Telephonmundstück von 9 Centim. Durchmesser mit einer centralen Oeffnung von 2 Centim. befestigt, das ein Diaphragma aus gehärtetem Kautschuk von 1 Millim. Dicke hat, welches auf eine Fläche von 4 Centim. Durchmesser in Anspruch genommen wird. In der Mitte dieses Diaphragmas ist ein kleiner Kupfercylinder von 1,4 Centim. Länge und 0,5 Centim. Dicke befestigt, der einige Millimeter in die Röhre hineinragt und sich concav an die erste Kohlekugel anschmiegt.

Das andere Ende der Röhre trägt einen Kupferring mit einer Metallhülse, die einer Regulirungsschraube als Mutter dient. Diese Schraube stößt im Innern der Röhre gegen ein

1) Wiener technolog. Blätter 1881, Nr. 5 u. 6, S. 28.

verschiebbares hohles Kupferstück, an dessen andere Seite sich eine die Regulirung der Anfangseinstellung erleichternde Spiralfeder aus Messingdraht von 0,58 Millim. Stärke lehnt, und an diese stößt wieder ein Kupferstück, welches sich mit einer concaven Höhlung an die letzte Kugel anschließt. An der Kupferklammer an dem einen und dem Kupferringe am andern Ende sind die Enden des Stromleitungsdrahtes angebracht.

Als Vorzug dieses Mikrophons vor anderen mit vervielfältigtem Contact wird hervorgehoben, daß die Stöße, welche von der vibrirenden Membran erzeugt werden, an jeder Contactstelle mit derselben Intensität mitgetheilt werden; auch geht nur wenig Kraft durch Reibung verloren, und die Wirkung der Schwere läßt sich durch horizontale Stellung der Röhre aufheben. Ein solches gut regulirtes Telephon von 6 Kugeln entspricht einem Widerstande von 36 Ohm'schen Einheiten.

Sobald das Bell'sche Telephon einmal einen gewissen Grad der Vollkommenheit erreicht hatte, wurde die praktische Wichtigkeit dieses wunderbaren Instrumentes, das den mündlichen Verkehr zwischen örtlich entlegenen Punkten in einfachster Weise ermöglicht, allgemein erkannt, namentlich ging man mit seiner Anwendung in Amerika schnell vor. Bereits anfang 1879 betrug die Anzahl der allein von der Bell-Company verkauften Telephone 12000, und anfang September 1880 war dieselbe auf 85000 gestiegen. Es fand das Telephon zunächst Verwendung zwischen den verschiedenen, von einander entlegenen Räumen eines und desselben Etablissements, zwischen den Arbeitsräumen und dem Büreau, zwischen der Erdoberfläche und den in der Tiefe der Bergwerke beschäftigten Arbeitern und Beamten &c. Auch für Krankenhäuser erwies es sich sehr zweckmäßig zum Verkehr zwischen den einzelnen Räumen; namentlich bei ansteckenden Krankheiten, wo die Gefahr der Uebertragung des Krankheitsstoffes aus einem Zimmer ins andere bei Benutzung des Telephons bedeutend gemindert wird.

Als dann die Fernsprechapparate noch weiter verbessert wurden, so daß es nun möglich war, bis auf Entfernungen von 75 Kilom. und darüber eine ausreichende Verständigung herbeizuführen, wurde das Telephon auch benutzt, um theilweise den Telegraphen zu ersetzen, indem man verschiedene Punkte des Telegraphennetzes telephonisch mit Orten verband,

die bis dahin noch ohne telegraphische Verbindung geblieben waren, weil sich keine zur Bedienung der immerhin complicirteren Telegraphen-Apparate geeigneten Personen daselbst vorfanden. Mit der Anlage derartiger Fernsprechämter ist namentlich die deutsche Reichstelegraphen-Verwaltung sehr thätig vorgegangen, und nachdem gegen Ende des Jahres 1877 in Berlin das erste Fernsprechamt dem öffentlichen Verkehr übergeben worden war, wurde die Zahl dieser Aemter sehr rasch vermehrt, so daß Ende 1880 die Anzahl der mit Hilfe des Telephons dem telegraphischen Verkehr erschlossenen Orte über 1000 betrug.

Seitdem ist von Nordamerika aus eine neue Verwendung des Telephons zu uns gekommen, der vielleicht eine noch größere Zukunft bevorsteht. Man kam nämlich auf den Gedanken, die Geschäfts- und Wohnräume verschiedener Privaten durch Vermittelung einer Centralstelle, der Telephon-Exchange oder des Fernsprechvermittelungsamtes, in directe telephonische Verbindung zu setzen. Die Vortheile dieser Einrichtung wurden sehr bald erkannt, und so kam es denn, daß in kurzer Zeit nicht nur Kaufleute, Fabrikbesitzer und Gewerbtreibende aller Art, welche schon durch die Concurrenz mit andern gleichartigen Geschäften zum Anschluß an eine Telephone-Exchange genöthigt waren, ihre Contore, Waarenlager ꝛc. auf diese Weise verbinden ließen, sondern daß auch zahlreiche Private sich diese Einrichtung nutzbar zu machen suchten. Dazu kam noch, daß die Anlage oberirdischer Drahtleitungen in den verhältnißmäßig jungen amerikanischen Städten durch die regelmäßig geordneten, breiten und meist geraden Straßen wesentlich begünstigt wird. Derartige Fernsprechanlagen sind denn auch in Nordamerika in großer Anzahl ausgeführt worden, während im öffentlichen Telegraphenverkehr das Telephon dort nur wenig angewandt wird.

Interessante Mittheilungen über die außerordentliche Verbreitung, welche das Telephon in Nordamerika, besonders in Mittelstädten von 100,000 bis 200,000 Einwohnern gefunden hat, verdanken wir dem kürzlich verstorbenen Eisenbahntechniker Max Maria von Weber. Manche Straßen gewähren, so erzählt derselbe, den Anblick, als wären sie in der Höhe mit weitmaschigen Spinnweben überzogen, so zahlreich sind die von Dachfirst zu Dachfirst gezogenen, nach allen Richtungen sich

kreuzenden Telephondrähte. Besonders deutlich aber tritt die vielseitige Ausnutzung dieses Verkehrsmittels uns in dem Bericht entgegen, den Weber von seinem Besuche bei einer befreundeten Familie in einer großen Mittelstadt des Staates New-York erstattet: „Die freudig überraschte Dame vom Hause empfing mich auf das Liebenswürdigste, aber sofort, nachdem wir uns die Hände geschüttelt, langte sie nach dem auf der Lehne ihrer Boudoircauseuse liegenden Telephon und rief aus: „Ich verfüge über Sie, wir fahren aus, ich zeige Ihnen die Stadt, Sie diniren bei uns mit einigen Leuten, die Ihnen nützen können; heut Nachmittag segeln wir mit meiner Dampfyacht auf dem Niagara, morgen fahren Sie in die Oelregion, übermorgen und später sind wir auf unserer Villa. Jetzt rufe ich meinen Mann auf seinem Bureau, melde Sie an, bespreche unsere Pläne, dann bestelle ich meine Equipage, die ich seit dem Telephon aus dem Hause entfernt habe, lade Ihnen die Leute zum Diner, bespreche das Nöthige mit Maschinisten und Stewart wegen Fahrt und Souper auf der Yacht; dann soll Ihnen mein Mann den Zug auf der Oelregionbahn bestellen und endlich habe ich vielerlei mit unsern Wirthschaftsleuten auf der Villa zu verhandeln." — „Und wann soll das Alles besorgt werden?" fragte ich. — „O, sehen Sie sich die Albums dort an, gehen Sie einen Gang durch den Garten; ich habe es nicht gern, wenn man mir zuschaut, wenn ich telephonire. Es sieht so häßlich aus! Dann soll Alles besorgt sein," sagte die liebenswürdige Frau lächelnd. Ich blieb aber doch und sah und hörte staunend, wie sie sich erst mit dem Gemahl ausführlich verständigte. Dann wurden die Adressen im Centralbureau umgeschaltet, drei, vier Familien zum Diner geladen, zusammen mindestens 28 englische Meilen weit wohnend; zwei davon antworteten umgehend. Dann wurde die Equipage gerufen, längere Zeit mit der Bemannung des kleinen im Eriesee liegenden Dampfschiffes verhandelt und das Menu des Soupers auf demselben im Detail festgestellt. Dann kam die Villa daran, wo die Verwalterin erst wieder telegraphisch von der Meierei geholt werden mußte — und endlich ließ sich der Gemahl wieder vernehmen, daß auf der Oelregionbahn Alles besorgt sei. — Nach 20 bis 25 Minuten setzte die liebenswürdige Dame das Telephon aufathmend von den Lippen

und sagte: „Das war ein Stück Arbeit! Jetzt mache ich Toilette und räume meiner Köchin das Feld am Telephon. Auf Wiedersehen!" Sie schlüpfte hinaus, und die Köchin, eine würdige Person, fast eine Matrone, trat ans Telephon, das sie eben so gewandt handhabte wie ihre elegante Herrin. Und da hörte ich denn zu meinem Staunen die Braten, Fische, Gemüse, das Obst für das Diner bei den großen Händlern in der Stadt bestellen, mit jedem derselben über Quantität und Qualität deliberiren — von der Köchin — telephonisch. Als guter Deutscher hatte ich, während Dame und Dienerin über einen Flächenraum von einigen Quadratmeilen befahlen, verhandelten, anordneten — dagesessen und überrechnet, welche Zeit an Billetschreiben, Botengängen, Droschkenfahrten ꝛc. wohl die Arbeit erfordert haben würde, die hier Frauenhand und Mund in 40 Minuten that — und ich kam dabei, Alles gut gelingend berechnet, auf mindestens 40 Arbeitsstunden, unter so und soviele Leute vertheilt."

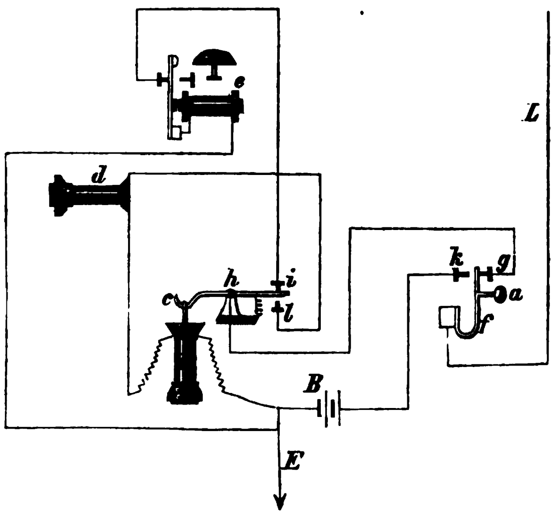
Von Amerika aus suchte und fand das neue Verkehrsmittel auch in Europa Eingang. Schon anfang September 1879 wurde in London die in Lombard-Street gelegene Telephone Exchange eröffnet, die zuerst nur mit zehn verschiedenen Geschäftslocalen in verschiedenen Theilen der Stadt verbunden war. Seitdem hat sich auch bei uns die Zahl dieser Anstalten bedeutend vermehrt, und um die Mitte des Jahres 1881 befanden sich Fernsprechvermittlungsämter in London, Manchester, Glasgow, Liverpool, Stockholm, Christiania, Brüssel, Antwerpen, Verviers, Lüttich, Zürich, Berlin und Mühlhausen im Elsaß, und in München, Stuttgart, Augsburg, Leipzig stand ihre Einrichtung bevor. Sogar in Rußland gelang es der International Bell-Telephon-Company limited, eine Gesellschaft mit einem Capitale von 3 Millionen Rubel zu gründen, um in Petersburg, Moskau, Kiew, Charkow, Odessa und andern Orten derartige Anstalten herzustellen.

Ueber die Einrichtung dieser Fernsprechvermittelungsanlagen entnehmen wir einem von Geh. Oberregierungsrath Elsasser am 26. October 1880 im Elektrotechnischen Verein in Berlin gehaltenen Vortrage [1]) folgende, zum Theil speciell auf die deutschen Anlagen bezüglichen Angaben.

1) Elektrotechn. Zeitschrift, November 1880, S. 368.

Jedes der einzuschaltenden Geschäftslocale ist mit einem elektrischen Läutewerk, einer Anrufvorrichtung nebst zugehöriger elektrischer Batterie und mit zwei Fernsprechapparaten ausgestattet, von denen der eine zum Hören, der andere aber zum Sprechen dient. Diese verschiedenen Apparate, mit Ausnahme der Batterie, sind theils in, theils an einem kleinen Holzkasten angebracht, der an der Wand aufgehängt ist. Die nach der Centralstation führende Leitung L (s. Fig. 34) steht

Fig. 34.



zunächst mit dem Befestigungspunkte der Blattfeder f in Verbindung, welche einen Theil der Anrufvorrichtung bildet. Diese Feder liegt im Ruhezustande an der Contactschraube g, welche mit dem Achsenlager des zweiarmigen Hebels h verbunden ist. Der eine Arm des letzteren ragt aus dem Kasten heraus, und an seinem hakenförmig gebogenen Ende hängt das zum Hören dienende Telephon b, durch dessen Gewicht der andere Hebelarm gegen die Contactschraube i gedrückt wird. Diese steht ihrerseits mittels eines Selbstunterbrechers mit dem einen

Ende der Elektromagnet-Umwindungen des elektrischen Läutewerkes e in Verbindung, dessen Glocke auf dem Kasten angebracht ist; das andere Ende dieser Umwindungen ist zur Erde E abgeleitet.

Kommt nun auf der Leitung L ein Strom nach der Station, so läuft derselbe durch die Umwindungen des Elektromagneten des Läutewerkes und setzt dieses in Thätigkeit. Soll aber umgekehrt ein Strom abgesandt werden, um etwa die Centralstelle anzurufen, so wird auf den außerhalb des Kastens befindlichen, mit der Blattfeder f verbundenen Elfenbeinknopf a gedrückt; dadurch wird die Feder vom Ruhecontact g ab und gegen die Contactschraube k gedrückt, welche mit dem Pol der galvanischen Batterie B verbunden ist; der andere Pol der letzteren ist zur Erde E geführt. Es fließt daher jetzt der Strom durch die Leitung nach dem Signalapparate der Centralstation oder auch nach dem Läutewerk einer andern Station und setzt dasselbe in Thätigkeit.

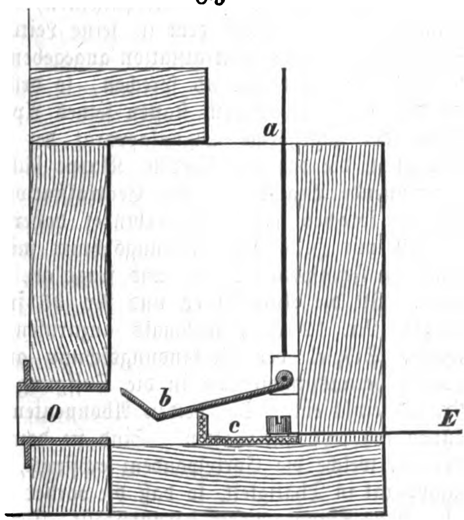
Soll gesprochen werden, so wird das Telephon b von dem Haken, an dem es hängt, abgenommen. Der Hebel h wird jetzt durch die an ihm angebrachte Spiralfeder von dem Contact i abgezogen und gegen den Contact l gelegt, welcher mit den Inductionsrollen der Fernsprecher d und b und durch diese mit der Erde E verbunden ist. Das Läutewerk ist jetzt von der Leitung getrennt, die beiden Telephone aber sind eingeschaltet, und man kann jetzt von b Mittheilungen empfangen, indem man dieses Telephon ans Ohr hält, oder durch Sprechen gegen d Nachrichten absenden. Das letztere Telephon ist derart in dem Kasten untergebracht, daß das Mundstück und die Membran in der vordern Kastenwand liegen. Nach Beendigung der Correspondenz muß der Fernsprecher b stets wieder an den Haken gehängt werden, damit der Hebel h wieder an der Contactschraube i anliegt.

Die sämmtlichen Leitungen laufen nach der Centralstelle und hier steht jede einzelne mit einem Signalapparate in Verbindung, deren je fünfzig in einem schrankartigen Behälter untergebracht sind. Ein solcher Apparat besteht aus einem Elektromagnet, dessen Anker im Ruhezustand eine Klappe festhält, welche beim Durchgang eines elektrischen Stromes durch die Umwindungen des Elektromagneten in Folge der Bewegung

des Ankers frei wird und herunterfällt; gleichzeitig kann man auch die Glocke eines elektrischen Läutewerkes ertönen lassen.

Jeder Signalapparat steht ferner mit einer Umschaltevorrichtung in Verbindung, durch welche jede der zur Centralstation kommenden Leitungen mit jeder andern, sowie auch mit einem der auf der Centralstelle mehrfach vorhandenen Fernsprechsysteme verbunden werden kann. Zur Erläuterung der Einrichtung dieser Umschaltevorrichtung dient die beistehende Fig. 35. Wie schon angedeutet, ist jede der eingeführten Leitungen mit dem Ende der Umwindungen des Elektromagneten des Signalapparates verbunden; das andere Ende a dieser Umwindung aber steht mit einem Metallstück in Verbindung, an welchem das eine Ende der Feder b drehbar angebracht ist, während das andere Ende auf dem nach oben vorspringenden Rande der kleinen Schiene c ruht, welche mit der Erdleitung E verbunden ist.

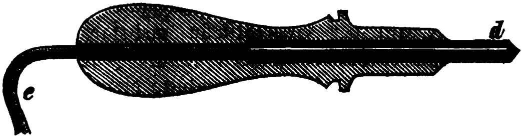
Fig. 35.



Wird aber ein mit einer stumpfen Spitze versehener Metallstift d (s. umstehende Fig. 36) in die runde Oeffnung o hineingeschoben, so wird die Feder b in die Höhe gedrückt, so daß die Verbindung von b und c unterbrochen, dagegen die Feder mit dem Stifte d leitend verbunden wird. Dieser Stift, der an einen Griff von isolirendem Material gefaßt wird, steht mit der biegsamen Leitungsschnur e in Verbindung, die am anderen Ende einen gleichen, mit ebensolchem

Griff versehenen Stift trägt, der in der Umschalteöffnung eines der Fernsprechapparate der Centralstelle oder eines andern Signalapparates eingeschaltet wird.

Fig. 36.



Jeder der Theilnehmer (Abonnenten) hat eine bestimmte Nummer, die auch auf dem in seine Leitung eingeschalteten Signalapparate der Centralstation angegeben ist. Gesetzt nun, Nr. 12 wolle mit Nr. 35 sprechen, so drückt zuerst Nr. 12 auf den Knopf a an dem Kasten seines Apparates. Dadurch geräth der zugehörige Signalapparat der Centralstation in Thätigkeit, die daran befindliche Klappe fällt herab, und der diensthuende Beamte auf der Centralstation sieht nun, daß Nr. 12 sprechen will. Er verbindet daher die Leitung von Nr. 12 mit Hilfe einer Leitungsschnur mit einem der vorhandenen Fernsprechapparate und fragt an, was Nr. 12 verlangt. Ist die Antwort da und Nr. 35 frei, so fordert der Beamte Nr. 12 auf, nochmals anzurufen, worauf er den zweiten Stöpsel der Verbindungsschnur aus seinem Fernsprecher herausnimmt und in die Oeffnung o des Apparates Nr. 35 einschiebt. Die beiden Abonnenten Nr. 12 und 35 können sich jetzt unterhalten. Sind sie damit fertig, so setzt Nr. 12, welche die Correspondenz eröffnete, wieder den Signalapparat in Thätigkeit, so daß die vorher von dem Beamten geschlossene Klappe wieder herunterfällt. Der Beamte entfernt jetzt die Leitungsschnur von den Apparaten Nr. 12 und 35 und schließt die Klappe wieder.

Die Leitungsdrähte für Fernsprecheinrichtungen werden immer oberirdisch angebracht; bis jetzt ist es noch nicht gelungen, auf einfachen, in unterirdisch geführten Kabeln befindlichen Telegraphenleitungen eine zuverlässige Verständigung durch Telephone zu erzielen.[1]) Die Ursache daran liegt haupt-

1) Elsasser a. a. Orte, S. 370.

sächlich in dem störenden Einflusse der Inductionswirkungen. Diese Inductionswirkungen machen sich aber gerade wegen der ungemeinen Empfindlichkeit des Telephons in sehr lästiger Weise geltend. Wie weit diese Empfindlichkeit geht, dafür giebt die allgemein bekannte Thatsache einen Beleg, daß man mittels des Telephons die Morse-Correspondenz benachbarter Leitungen nach dem Gehör aufnehmen kann.[1])

Der oben beschriebene Umschaltungsapparat zeichnet sich durch Einfachheit vor den meisten der früher in Amerika üblichen aus und kommt in seiner Anordnung am nächsten dem Jones'schen Umschalter, welcher auf der letzten Fischerei-Ausstellung in Berlin von der International Bell-Telephon-Company ausgestellt war.[2]) Diese Compagnie hat den früher bei ihr üblichen Batteriewecker gänzlich aufgegeben und bedient sich statt der Batterie eines Magnetinductors, der auf den Privatstationen durch eine Kurbel in Thätigkeit gesetzt wird. Jede dieser Stationen ist außerdem mit einem Blake'schen Transmitter zum Sprechen und einem Bell'schen Telephon zum Hören ausgerüstet. Auf der Centralstation ist jede Fallscheibe mit einem kleinen Umschalter versehen, der, wenn man ihn rechts dreht, das Läutewerk, bei entgegengesetzter Drehung aber das Telephon einschaltet, eine äußerst zeitersparende Einrichtung.

Von allgemeinerem Interesse ist bei diesem Apparate noch eine Vorrichtung, die äußerlich durch einen oberhalb des Nummerntableaus querüberlaufenden Streifen, den „musikalischen Streifen" (Musical strip) erkennbar ist, und welche es ermöglicht, daß von je 50 Abonnenten 15 ein Concert anhören können.

Die letztere Einrichtung soll in Amerika vielfach benutzt werden. Auch in Europa sind mehrfach Versuche nach dieser Richtung hin mit gutem Erfolg angestellt worden. In weiteren Kreisen bekannt geworden ist z. B. die Probe, welche

---

1) Ueber eine andere, noch bemerkenswerthere Erscheinung berichtet Telegrapheninspector O. Canter in der Elektrotechnischen Zeitschrift, März 1881, S. 101.

2) Beschreibung und Abbild. in der Elektrotechnischen Zeitschrift, Jaunar 1881, S. 28.

im Juli 1880 in Zürich bei Anlaß des Schweizerischen Schützenfestes mit einem Bell'schen Telephon mit Mikrophon abgehalten wurde. Der Commandant der Baseler Feuerwehr ließ nämlich in der Sängerhalle in Zürich einen Apparat aufstellen und denselben durch einen der nach Basel gehenden Telegraphendrähte mit einem zweiten Apparate im dortigen neuen Postgebäude in Verbindung setzen. Als nun am Abend des 11. Juli die Sängervereine „Liedertafel“ von Basel und „Frohsinn“ von St. Gallen in der Sängerhalle ihre Wettgesänge vortrugen, konnte man in Basel, wenn man den Schallbecher des Apparates ans Ohr hielt, diese Gesänge ganz deutlich, ungefähr so wie in Zürich auf dem zweiten Zuhörerplatz, hören, trotz der 90 Kilometer weiten Entfernung.[1]) Auch auf der diesjährigen Elektricitäts-Ausstellung in Paris konnte man in dem Telephonzimmer die Aufführungen in der Großen Oper und im **Théâtre français** mit anhören.

Mannigfach sind die Verwendungen, die man von dem Telephon und Mikrophon macht, oder die mit mehr oder minder Erfolg versucht worden sind.

In Deutschland hat man schon im December 1877 versucht, mit Morsetelegraphen und Telephonen gleichzeitig auf demselben Drahte zu arbeiten,[2]) und in England soll man, einer Mittheilung der Zeitschrift „**Electrician**“ [3]) zufolge, das Gower-Bell'sche Telephon in großem Maßstabe und mit Erfolg in ähnlicher Weise auf dem South-Western-Railway benutzen. Es wird dabei erwähnt, daß schon vor zehn Jahren C. F. Varley in einem Patente eine Art und Weise beschrieben habe, wie man schwache undulatorische elektrische Signale auf demselben Drahte geben könne, auf welchem kräftige Morseschriftzeichen verwendet werden. Jetzt wird nun das Telephon von Gower-Bell im Eisenbahndienste in derselben Weise verwendet: es wird auf dem Drahte eingeschaltet, auf welchem die Blocksignale gegeben werden, und die schwachen magnetelektrischen Wechselströme, welche die mündliche Botschaft forttragen, stören die stärkeren Blockströme nicht

---

1) Allgem. Zeitung, 1880, Nr. 199, Beilage, S. 2918.
2) Dingler's Polytechn. Journal Bd. 227, S. 56.
3) Vol. 6, p. 115.

im Geringsten. Man kann dabei den Lärm, welchen die Abfahrt eines Zuges von einer entfernten Station verursacht, zugleich mit der Glocke hören, welche die Abfahrt verkündigt.[1]) Es liefert diese Benutzung des Telephons einen neuen Beweis für die außerordentliche Empfindlichkeit dieses Instrumentes.[2])

Interessant ist die Verwendung des Telephons im Zeitungsdienste, die in der Druckerei der „Times" in London versucht worden ist. Man hat dort das Telephon dazu verwendet, die Berichte über die Parlaments-Sitzungen, welche früher nur bis gegen 1 Uhr Nachts vollständig, dann aber bis gegen 2 Uhr nur noch auszugsweise mitgetheilt werden konnten, um die Zeitung rechtzeitig für die 5 Uhr Morgens abgehenden Zeitungszüge nach dem Norden Englands und nach Schottland fertigzustellen, später noch vollständig zu bringen. Eine große Beihilfe in dieser Richtung sind die seit zehn Jahren stetig verbesserten Typensetzmaschinen der Timesdruckerei, welche das Setzen vom Manuscript von etwa 100 Zeilen stündlich erlauben, und wenn dem Setzer das Manuscript dictirt wird, beinahe die doppelte Leistung ermöglichen. Aus diesem Grunde werden auch die aus Paris, Wien und Berlin durch den Hughes'schen Drucktelegraphen einlaufenden Depeschen den Setzern der „Times" dictirt. Was nun die Verwendung des Telephons anbelangt, so besteht sie darin, daß dem Setzer durch das Telephon direct vom Parlamentshauptgebäude aus von den Reportern der „Times" dictirt wird, während er seine Arbeit macht. Der Setzer hat übrigens ebenfalls ein Telephon zum Rufen, wenn er etwa ein nicht verstandenes Wort wiederholt haben will oder dergl., sowie eine Signalklingel, um die Beendigung eines Satzes anzuzeigen. Auf diese Art können die exacten Berichte jetzt noch um eine 30—45 Minuten verlängerte Zeit aufgenommen werden.

Einen beachtenswerthen Vorschlag zur Benutzung des Telephons und Mikrophons im Festungskriege hat Adolf Arx gemacht.[3]) Um nämlich den beschwerlichen und

1) Elektrotechn. Zeitschrift, März 1881, S. 114.

2) Ueber ähnliche Versuche auf der ungarischen Südbahn vergl. Techn. Blätter, 1880, S. 92; Elektrotechn. Zeitschrift, Sept. 1880, S. 328.

3) Elektrotechn. Zeitschrift, Mai 1880, S. 168.

aufreibenden Vorpostendienst möglichst zu erleichtern, will derselbe die Vorpostenlinien durch Telephone in Verbindung mit Mikrophonen ersetzen. Form und Einrichtung der zur Verwendung kommenden Telephone sind die bekannten, nur dem Mikrophon ist eine dem Zwecke entsprechende Form gegeben. Es besteht aus einem Kasten von 3 Millim. starkem verzinntem Eisenblech in der Form eines unten offenen Würfels von 15 Centim. Kantenlänge. Von der untern, offenen Seitenfläche aus, 5 Centim. nach innen zu, ist über einem Rahmen eine dünne Blechscheibe, ähnlich der Membran eines Telephons gespannt, die als Resonanzboden dient. Auf dieser ist ein 3 Centim. langes cylindrisches Kohlenstäbchen von 1 Centim. Durchmesser mittelst zweier Hafte in horizontaler Richtung befestigt. Dieses wird berührt von einem zweiten etwa 8 Centim. langen Kohlenstäbchen, das unter einem Winkel von ungefähr 70° frei beweglich an einem isolirten dünnen, spiralförmig gedrehten Drahte herabhängt.

Soll nun z. B. ein Punkt A auf eine Distanz von 4000 Meter im Umfange eines Bogens UV von 65° gedeckt werden, so versenkt man in diesem Bogen etwa 12 derartige Mikrophone im Abstande von 400 Meter ein Meter tief in den Boden und führt von jedem eine unterirdische Leitung nach A, wo sie zu Tage geführt und mit den Schienen eines Wechsels, einer Batterie von 6 bis 8 Elementen, einer Bussole und einem Telephon in Verbindung gebracht werden. Jedes Mikrophon deckt angeblich den Umkreis von 200 Meter Halbmesser und ein mäßig geübtes Ohr kann am Telephon unterscheiden, ob einzelne Menschen, eine Marschtruppe, Kavallerie oder Geschütze oder feindliche Mineure sich nähern. Ein fortwährendes abwechselndes Abhorchen der einzelnen Mikrophone wird daher dieselben Dienste leisten, wie der bestorganisirte Vorpostendienst.

Schon im 15. Jahrg. dieses Jahrb., S. 240, gedachten wir des vom Radscha Sir T. Madava Row gemachten Vorschlags, das Mikrophon zum Aufsuchen unterirdischer Wasserläufe zu verwenden. Dieses Verfahren soll Zeitungsberichten zufolge neuerdings mit gutem Erfolg von dem Besitzer des Schlosses Tratzberg in Unterinnthal zur Anlegung von Brunnen benutzt worden sein.

Sehr zweckmäßig ist die Verwendung des Mikrophons,

die Dr. W. Meyer auf der Genfer Sternwarte gemacht hat, um die Schläge einer astronomischen Pendeluhr nach den verschiedenen Beobachtungsräumen zu übertragen. Das zur Verwendung kommende Mikrophon besteht aus zwei Kohlenplättchen von derselben Masse wie die des Bunsen'schen Elementes, die an einem kleinen Brette wenige Centimeter entfernt vertical übereinander liegen. Auf den beiden inneren horizontalen Seiten dieser Platten befinden sich zwei konische Löcher, in welchen ein kleines Kohlenstäbchen eingesetzt wird. Dieses kann infolge seines geringen Spielraumes im Falle einer Erschütterung oscilliren. In dem Stromkreis, in welchem sich die Leitungsdrähte der beiden Platten schließen, sind ein Meidinger-Element und ein Telephon eingeschaltet. Befestigt man dies Mikrophon außen am Kasten der Pendeluhr, so ist seine Wirkung die, daß jede durch das Geräusch der Uhrenschläge hervorgebrachte Erschütterung ein Oscilliren des kleinen Kohlenstäbchens verursacht; der Widerstand im Inneren des Mikrophons wird dadurch variirt, hiermit gleichzeitig auch der magnetische Zustand des Telephonmagnets, und das Telephon spricht an.

Um mehrere Telephone gleichzeitig durch das Mikrophon in Betrieb zu setzen und die Schläge einer Uhr nach verschiedenen Räumen zu übertragen, befindet sich im Stromlaufe noch ein Umschalter, worin die Telephone je nach Bedarf ein- und ausgeschaltet werden können.

Bei seinen weiteren Versuchen fand Dr. Meyer, daß bei Einschaltung von 6000 Siemens-Einheiten Widerstand, welcher ungefähr den von 600 Kilom. Leitungsdraht von 4 Millim. Dicke gleichkommt, und Benutzung einer Batterie von 8 Meidinger-Elementen die Schläge der Uhr noch deutlich hörbar waren, selbst wenn man das Telephon 0,3 Meter vom Ohr entfernt hielt. Da hiernach die Uebertragung der Uhrschläge auf weite Entfernungen ausführbar ist, so zieht Dr. Meyer auch die Anwendung des Mikrophons zur Bestimmung von geographischen Längendifferenzen in Erwägung; die mikrophonische Verbindung zweier Beobachtungsstationen würde es ermöglichen, auf ihnen die nämlichen Sterne nach der Aug- und Ohr-Methode mit Hilfe einer einzigen Pendeluhr zu beobachten.

In den Vereinigten Staaten ist das Telephon seitens

des Geschützamtes zur Bestimmung der Flugzeiten der Geschosse von Handschußwaffen benutzt worden, die bisher deshalb schwierig war, weil man in größerer Entfernung die Kugel nicht einschlagen sieht. Zu dem Zwecke wurde ein Telephon 1 bis 2 Meter vom Gewehr und das andere im Scheibenstande 9 bis 10 Meter vor der Scheibe aufgestellt, beide mit Blake's Sender versehen. Das Telephon wurde ans Ohr gehalten und eine Viertelsecunden schlagende Uhr im Augenblicke des Losschießens losgelassen und beim Auftreffen der Kugel wieder angehalten. Bei einer großen Zahl von Versuchen schwankten die gefundenen Zahlen nie mehr, als um 1/4 oder 1/2 Secunde. Der geringe Verzug beim Loslassen der Uhr und der beim Aufhalten derselben glichen sich aus. Gegenwind verlängerte die Flugzeit, in der Schußrichtung wehender verkürzte sie.

Sehr sinnreich ist das von H. E. Resio, Professor an der Königlich italienischen Marineakademie, in Vorschlag gebrachte Verfahren zur Messung der Torsionsbeanspruchung der Triebwelle bei Dampfmaschinen.[1])

Es sollen auf die Welle in möglichst großer Entfernung von einander zwei kleine Messingräder oder Radsectoren von gleicher Größe aufgesteckt werden, welche die nämliche Anzahl von unter sich völlig gleichen und in gleichen Abständen von einander befindlichen Schaufeln besitzen. Am besten eignet sich das Verfahren für die Welle einer Schraubenschiffsmaschine, die stets eine bedeutende Welle besitzt. Das Aufstecken der Räder soll so erfolgen, daß ihre Symmetrieebene, wenn die Welle nicht verdreht ist, durch zwei einander entsprechende Schaufeln geht; doch ist diese Bedingung nicht gerade unerläßlich. Ferner sollen zwei ganz gleiche in der Symmetrieebene der Welle und der Räder liegende Spulen mit Stahlkernen von gleicher magnetischer Kraft in derselben Entfernung von den Radschaufeln aufgestellt werden und den Schaufeln gleichnamige Pole zukehren, während ihre Bewickelung entgegengesetzt gerichtet ist; beide Spulen und ein Telephon werden in denselben Stromkreis geschaltet. Wenn nun die

---

1) Elektrotechn. Zeitschrift, Sept. 1880, S. 329, nach „Mittheil. aus dem Gebiete des Seewesens" (Pola 1880), S. 433.

rotirende Welle gar keine Torsion erlitte, so würden die sich entsprechenden Schaufeln der beiden Räder im selben Momente vor ihren Spulen vorübergehen und in den Spulen gleich starke aber entgegengesetzte Ströme entwickeln, und es würden sich die Ströme aufheben, das Telephon würde stumm bleiben. Wird dagegen die Welle verdreht, so gehen die entsprechenden Schaufeln nicht mehr gleichzeitig an den Spulen vorüber, die Ströme werden sich nicht mehr (ganz) aufheben und das Telephon wird einen mehr oder minder scharfen Ton hören lassen, dessen Höhe von der Schaufelanzahl und der Umdrehungsgeschwindigkeit abhängt. Die Größe des zwischen zwei zusammengehörigen Strömen liegenden Zeitintervalles aber wird von der Größe der Torsion abhängen.

Wenn man nun die der Maschine näher liegende Spule in der Umdrehungsrichtung an einem festen Gradbogen so lange verschiebt, bis das Telephon ganz oder nahezu verstummt, so kann man auf dem Gradbogen den dem Abstande d der beiden Räder entsprechenden Torsionswinkel x ablesen und daraus den auf die Längeneinheit der Welle kommenden Torsionswinkel $\alpha = \frac{\varphi}{d}$ finden. Wäre nun der bei leergehender, d. h. keine Arbeit verrichtenden Welle beobachtete Torsionswinkel $= \alpha_0$, so wäre $\alpha_0 : \alpha$ das Verhältniß der zur Ueberwindung der Reibung nöthigen Kraft zur ganzen übertragenen Kraft.

Optik.

Brechung und Dispersion des Lichtes.

Zur Bestimmung der Brennweite von Linsen hat sich Dr. A. Kerber in Chemnitz ein Verfahren patentiren lassen (Deutsches Reichspatent Nr. 11521), welches auf folgendem Grundgedanken beruht.

Leitet man durch ein Spaltrohr ein Bündel Parallelstrahlen in ein Beobachtungsfernrohr, so daß in der Mitte des Gesichtsfeldes ein reelles Bild entsteht und schaltet man vor dem Objectiv eine zum Verticalschnitt unter dem Winkel e geneigte planparallele Glasplatte von der Dicke d ein, so wird

das Bündel zwar verschoben, die Strahlen bleiben aber parallel ihrer ersten Richtung und das Bild des Spaltes behält seine centrale Stellung. Besteht dagegen das Bündel aus divergenten Strahlen, so wird der Divergenzpunkt verschoben um eine dem Winkel d cos φ proportionale Größe und demgemäß tritt auch eine seitliche Verschiebung des Spaltbildes ein.

Die Unbeweglichkeit des Spaltbildes bei Einschaltung einer starken Platte ist also ein Merkmal für den Parallelismus der Strahlen, d. h. dafür, daß sich der Spalt genau im Brennpunkte der Linse des Spaltrohres befindet.

Das von Kerber angegebene Verfahren besteht nun darin, daß man nach genauer Centrirung der zu untersuchenden Linse und des Spaltes auf die Fernrohrachse und nach Befestigung der seitlich geneigten planparallelen Platte vor dem Objective die zu untersuchende Linse so lange verschiebt, bis das Bild des Spaltes genau in die Mitte des Gesichtsfeldes tritt. Der Abstand zwischen Spalt und Linse ist dann die Brennweite der letzteren.

Behufs genauer spectroskopischer Messungen wird vor der Platte noch ein fest mit dem Instrumente verbundenes Prisma aus stark zerstreuendem Glase eingeschaltet, welches die verschiedenfarbigen Spaltbilder zu einem Spectrum ausbreitet.

Mit der Bestimmung der Brennpunkte und der Abweichungskreise eines Fernrohr-Objectivs für Strahlen verschiedener Brechbarkeit hat sich Prof. H. C. Vogel in Potsdam beschäftigt und dafür das folgende Verfahren angegeben.[1])

Wenn man das Ocular des auf einen Stern gerichteten Fernrohrs so einstellt, daß man ein möglichst klares Bild des Sternes erblickt, und dann hinter dem Ocular einen Prismensatz mit gerader Durchsicht anbringt, so wird das Sternbild in ein Spectrum ausgezogen, welches nicht linear ist. Nur der intensivste Theil des Spectrums bildet nahezu eine gerade Linie, besonders nach dem blauen Ende zu ist dasselbe aber stark verbreitert. Der Grund dieser Erscheinung liegt in dem unvollständigen Achromatismus des Objectivs. Bei der Einstellung des Oculars kommen nämlich nur diejenigen

1) Monatsber. der Berliner Akad., April 1880, S. 433.

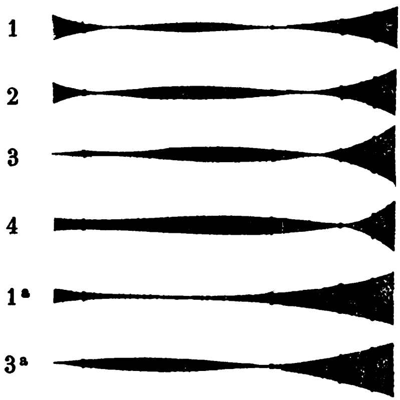
Strahlen in Betracht, welche den stärksten Eindruck auf das Auge machen, die rothen, gelben und grünen; diese vereinigen sich nun bei einem gut achromatisirten Objectiv nahezu in einem Punkte. In diesem kommen aber die blauen und violetten Strahlen nicht mit zusammen; es werden dieselben daher, wenn man sie auf einem Schirme auffängt, der durch den Vereinigungspunkt der intensivsten Strahlen senkrecht zur optischen Achse des Fernrohrs gelegt wird, den Stern nicht punktartig, sondern in Gestalt eines Kreises, des chromatischen Abweichungskreises, darstellen, dessen Durchmesser um so größer ist, je weiter ihr Vereinigungspunkt von der Ebene des Schirmes entfernt ist. Aus der Figur, welche das Spectrum zeigt, können nun die Durchmesser der Abweichungskreise für die verschiedenfarbigen Strahlen durch directe Messung mit Hilfe eines Mikrometers gefunden werden, denn die Breite des Spectrums entspricht diesem Durchmesser. Man erreicht aber diesen Zweck noch leichter und sicherer, wenn man das Ocular mit dem daran befestigten Prismenkörper in der optischen Achse verschiebt. Bei der geringsten Aenderung der Oculareinstellung ändert sich nämlich die Figur des Spectrums, man gewahrt eine Einschnürung, die sich bei den meisten achromatischen Objectiven nach dem Violett hin verschiebt, wenn man das Objectiv weiter herausbewegt. Die Erscheinung findet da statt, wo sich die betreffenden Strahlen in einem Punkte schneiden; man braucht daher nur mittels einer am Auszugsrohr angebrachten Theilung die Verschiebung des Oculars zu messen, welche nöthig ist, um den Einschnürungspunkt im Spectrum vom Blau nach dem Violett zu verlegen, und man erhält sofort die Entfernung der Vereinigungspunkte der blauen und der violetten Strahlen und durch eine leichte Rechnung die Größe der Abweichungskreise. Wählt man zur Untersuchung einen hellen weißen Stern, so sieht man in dem verbreiterten Theile des Spectrums deutlich die breiten dunkeln Wasserstofflinien, welche direct benutzt werden können, um für ganz bestimmte Stellen des Spectrums die Lage der Brennpunkte und die Größe der Abweichungskreise zu finden.

In umstehender Fig. 37 sind die Formen des Spectrums für verschiedene Einstellungen des Oculars gegeben, und zwar beziehen sich 1 bis 4 auf den Schröder'schen Refractor des

astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam, 1ª und 3ª auf den Fraunhofer'schen Refractor der Berliner Sternwarte. Dabei ist bei 1 und 1ª das Ocular auf den Vereinigungspunkt der gelben Strahlen, bei 2 auf die rothe Wasserstofflinie H_α, bei 3 und 3ª auf den Vereinigungspunkt der äußersten rothen Strahlen, bei 4 auf die Wasserstofflinie H_γ im Violett eingestellt.

Aus der Abbildung erkennt man mit einem Blicke die Verschiedenheit der Achromatisirung der Objective bei Fraunhofer und bei Schröder. Während der erstere sich bemüht hat, die rothen, grünen und gelben Strahlen möglichst zu vereinigen und auf die blauen und violetten weniger Rücksicht genommen hat, sind von Schröder die äußersten rothen Strahlen außer Acht gelassen und mehr die Strahlen mittlerer Brechbarkeit vereinigt. Diese Verschiedenheit ist wahrscheinlich nicht zufällig, sondern aus praktischen Gründen erklärlich. Da nämlich die Fraunhofer'schen Objective alle mehr oder weniger grünlich-gelb gefärbt sind, demnach das Blau und Violett nicht unerheblich absorbiren, machen sich diese Farben in den Bildern weniger störend bemerkbar; dagegen erschien es bei den neuern möglichst farblosen Glassorten, wie sie Schröder anwendet, geboten, den blauen Strahlen mehr Rechnung zu tragen und ihren störenden Einfluß auf die Bilder möglichst zu beseitigen.

Fig. 37.



Für die Wichtigkeit einer bequemen und sichern Methode zur Auffindung der Brennpunkte und Abweichungskreise der verschiedenfarbigen Strahlen für den praktischen Optiker spricht die Thatsache, daß Dr. Hugo Schröder, damals in Hamburg (gegenwärtig in Oberursel), schon vor einigen Jahren

das Bedürfniß gefühlt hat, die Abweichungskreise bei seinen Objectiven praktisch zu bestimmen. Er bediente sich dazu eines Apparates, bestehend aus einem künstlichen Doppelstern, bei welchem Farbe und Entfernung der Componenten verändert werden können. Der Apparat wird weit entfernt aufgestellt, und aus der Entfernung, welche man den beiden künstlichen Sternen bei verschiedenen Farben und derselben Oculareinstellung geben muß, um im Brennpunkte des Fernrohrs den Doppelstern getrennt zu sehen, wird die Größe der Abweichungskreise berechnet. Abgesehen von der Schwierigkeit, den beiden Sternen Farben von bestimmter Wellenlänge zu geben, erscheint dieses Verfahren jedenfalls gegenüber dem Vogel'schen umständlich und zeitraubend; es erfordert auch einen besondern Apparat, während nach Vogels Methode ein kleiner Prismensatz mit gerader Durchsicht überall da ausreicht, wo es nicht auf die allerfeinsten Messungen ankommt. Will man aber solche ausführen, so ist an Stelle des Oculars ein größerer zusammengesetzter Spectralapparat zu setzen. Wenn derselbe mit einer Vorrichtung zur Bestimmung der Lage der Spectrallinien versehen ist, so kann man bei jeder beliebigen Wellenlänge mit aller wünschenswerthen Schärfe die Lage der Brennpunkte und die Größe der Abweichungskreise ganz in derselben Weise durch Benutzung des Spectroskopes in der optischen Achse des Fernrohrs und Beobachtung der schmalsten Stelle des Spectrums ermitteln. Das Spectroskop wird dabei ohne Cylinderlinse angewandt. Auch kann man hier einen künstlichen, durch eine Lampe, zerstreutes Tageslicht oder elektrisches Licht erleuchteten Stern benutzen.

Noch macht Vogel aufmerksam auf die Verwendbarkeit des Spectroskopes zu möglichst genauen Focaleinstellungen bei seinen astronomischen Messungen. Die Einstellung auf einen Stern ist nämlich bei etwas unruhiger Luft immer mit beträchtlicher Unsicherheit behaftet, und das um so mehr, je accomodationsfähiger das Auge ist; auch die Farbe des Sternes und die verschiedene Durchsichtigkeit der Luft üben Einfluß darauf. Bei Anwendung eines kleinen Ocularspectroskopes läßt sich aber unter allen Umständen sicher der Vereinigungspunkt einer ganz bestimmten Strahlengattung ermitteln, und zwar hält es Vogel für das zweckmäßigste derart zu verfahren,

daß man das Ocular zuerst so scharf als möglich auf die Fäden einstellt, dann einen kleinen Prismensatz vor dem Ocular anbringt und das Fernrohr auf einen hellen weißen Stern richtet, der die breiten Wasserstofflinien zeigt. Durch Verschiebung des Auszugrohres am Ocularende des Fernrohrs verlegt man dann die Einschnürung des Spectrums etwa nach H_γ, entfernt den Prismensatz und bewegt den Ocularauszug um den aus früheren Versuchen bekannten Unterschied zwischen dem Vereinigungspunkte der am stärksten auf das Auge des Beobachters wirkenden Lichtstrahlen und den von H_γ.

Bis jetzt nimmt man an, daß die verschiedenfarbigen Lichtstrahlen sich alle mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen; um so mehr muß es überraschen, wenn gegenwärtig ein Paar englische Physiker, Dr. J. Young und Prof. G. Forbes, mit einer gegentheiligen Behauptung auftreten. Dieselben haben eine Reihe von Versuchen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes unternommen,[1]) und zwar im Wesentlichen nach Fizeau's Methode, deren sich ja auch neuerdings Cornu (dieses Jahrb. X, S. 100) bedient hat. Die beiden britischen Physiker wandten aber nicht blos einen einzigen entfernten Reflector an, sondern benutzten deren zwei, die in einem Abstande von 400 Meter von einander und mit dem Beobachtungsfernrohr nahezu in gerader Linie lagen. Es waren auf diese Weise zwei Sterne (Lichtpunkte) im Fernrohre sichtbar, deren Helligkeit sich bei wechselnder Geschwindigkeit des den Lichtstrahl unterbrechenden Zahnrades in entgegengesetzter Weise änderte: wenn die des einen zunahm, nahm die des andern ab. Mit Hilfe eines Chronographen wurde nun die Geschwindigkeit bestimmt, bei welcher beide Sterne gleich hell erschienen, sowie auch diejenige, bei der der eine das Maximum, der andere das Minimum seiner Intensität erreichte; daraus ward dann die Lichtgeschwindigkeit in der Luft und aus dieser diejenige im leeren Raume berechnet. — Als Endresultat wurden

187 273 engl. Meil. = 301,382 Kilom.

für die Geschwindigkeit des elektrischen Lichtes im leeren

1) Vgl. ihren Bericht an die Königliche Gesellschaft in London, 19. März 1881; im Auszuge in Nature XXIV, p. 303.

Raume erhalten. Mit Benutzung des Struve'schen Werthes der Aberrationsconstanten = 20″445 ergiebt sich daraus für die Sonnenparallaxe die Größe von 8″77 und für den Abstand der Sonne von der Erde 93,223000 engl. Meilen = 150,0238 Mill. Kilometer.

Am 11. Februar d. J. wurde nun die Bemerkung gemacht, daß die beiden künstlichen Sterne verschieden gefärbt waren, und daß die Färbung von der Geschwindigkeit des Zahnrades abhing. Derjenige, welcher bei wechselnder Geschwindigkeit des Rades an Intensität zunahm, erschien roth, der andere blau. Die Ursache schien darin zu liegen, daß das blaue Licht sich rascher fortpflanzt als das rothe. Eine Reihe specieller Versuche bestätigte diese Vermuthung, und schließlich wurde das elektrische Licht durch ein Schwefelkohlenstoffprisma gesandt und mit einfarbigem Licht gearbeitet. Es stellte sich dabei für das blaue Licht eine um 1,8 Procent größere Geschwindigkeit im leeren Raume als für das rothe heraus.

Young und Forbes glauben auch, daß die Verschiedenheit der Resultate, welche die neueren Messungen der Lichtgeschwindigkeit ergeben haben, theilweise in der Verschiedenartigkeit der benutzten Lichtquellen begründet ist.

Der von Young und Forbes aus ihren Versuchen abgeleitete Satz, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes von der Wellenlänge abhängig sei, begegnet indessen ernsten Bedenken, wie solche u. a. von Lord Rayleigh angedeutet worden sind.[1])

Derselbe erinnert daran, daß man im Allgemeinen zu unterscheiden hat zwischen der Geschwindigkeit V einer einzelnen Welle und derjenigen U einer Wellengruppe. Wenn nämlich eine Gruppe von Wellen in ruhigem Wasser fortschreitet, so kann man bemerken, daß die Geschwindigkeit der Gruppe geringer ist als diejenige der Einzelwellen, aus denen sie besteht; die Wellen scheinen sich durch die Gruppe hindurch vorwärts zu bewegen. Stokes hat diese Erscheinung dadurch erklärt, daß er die Gruppe aus der Uebereinanderlagerung von zwei unendlichen Wellenzügen gebildet ansieht, die nahezu

1) Nature XXIV, p. 382.

gleiche Amplituden und nahezu gleiche Wellenlängen haben und in derselben Richtung voreilen, und Lord Rayleigh hat in seiner rühmlichst bekannten „Theorie des Schalles“ [1]) diese Frage allgemeiner behandelt. Es zeigt sich dabei, daß die Gruppengeschwindigkeit U mit der Wellengeschwindigkeit V nur dann identisch ist, wenn letztere von der Wellenlänge unabhängig ist; ist aber die Wellengeschwindigkeit von der Wellenlänge λ abhängig, so müssen U und V von einander verschieden sein. Indem nun Rayleigh die Größe V in der Form der Dispersionsformel

$$V = a + \frac{b}{\lambda^2}$$

voraussetzt und das Verhältniß der Wellenlängen von Rothorange und Grünblau = 6 : 5 annimmt, kommt er zu der Formel

$$V = U\,(1 - 0{,}0273);$$

es würde also die Wellengeschwindigkeit gegen 3 Procent kleiner sein als die von Young und Forbes gefundene Gruppengeschwindigkeit.

Nun liefern die terrestrischen Methoden zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit den Werth von U und denselben giebt auch die astronomische Methode Römer's, die Bestimmung mit Hilfe der Verfinsterung der Jupitersmonde. Dagegen erhalten wir aus den Aberrationsconstanten und der Sonnenparallaxe, wenn wir die gewöhnliche Theorie der Aberration als richtig annehmen, den Werth von V. Wenn man aber die zuverlässigsten Bestimmungen dieser Größen mit einander vergleicht, so erscheint es nicht glaubhaft, daß die Gruppen- und die Wellengeschwindigkeit des Lichtes um 2 bis 3 Procent von einander abweichen. Aber auch gewisse (im Folgenden näher zu erwähnende) Betrachtungen über harmonische Beziehungen zwischen verschiedenen Strahlen des Spectrums glühender Gase gehen von der Annahme aus, daß die Häufigkeit der Schwingungen umgekehrt proportional der Weglänge, oder daß die Wellengeschwindigkeit V unabhängig von der Wellenlänge ist. Derartige Betrachtungen müßten aufgegeben werden, wenn die Ansichten von Young und Forbes richtig wären.

1) Deutsch von Neesen. 2 Bde. Braunschweig 1880.

Das Sonnenspectrum. — Unter den dunkeln Linien des Sonnenspectrums findet sich eine größere Anzahl, die nicht nur einem einzigen Elemente angehören, sondern mehreren. Dieser Umstand ist von fundamentaler Wichtigkeit für die Theorie, welche Lockyer vor einiger Zeit aufgestellt hat (vgl. dieses Jahrb. XV, S. 170), und daraus schon ist es erklärlich, daß dieser Physiker sich auch später wieder mit diesen, von ihm als basisch bezeichneten Linien beschäftigt hat. In einem Aufsatze „Ueber die Nothwendigkeit eines neuen Ausgangspunktes in der Spectralanalyse“ [1]) macht er darauf aufmerksam, daß 18 Linien, die Thalén als zwei Elementen angehörig bezeichnet, auf der Sonne in Flecken und Stürmen (Protuberanzen), und zwar immer stark verbreitert vorkommen, wie namentlich durch die Beobachtungen dargethan ist, welche Prof. C. A. Young in Princeton während des letzten Sonnenflecken-Maximums zu Sherman in mehr als 8000 Meter Höhe überm Meere angestellt hat. Lockyer betrachtet dies als eine Stütze seiner Ansicht, daß in den erwähnten heißesten Regionen der Sonne Dissociationen in den Elementen von statten gehen.

Diese Ansicht wird einigermaßen erschüttert durch andere Beobachtungen, welche Young ausgeführt hat. Derselbe hat nämlich mit Hilfe eines Spectroskopes von sehr starker Dispersion 70 Linien untersucht, von denen Angström angibt, daß sie mehreren Elementen angehören, und dabei gefunden, [2]) daß sich unter ihnen 56 befinden, welche entschieden doppelt oder dreifach sind; 7 scheinen einfach zu sein, und bei den letzten 7 blieb die Frage unentschieden, meist deshalb, weil eine sichere Identificirung der Linien nicht möglich war, da sie sich unter einer großen Zahl dicht gedrängter Linien nicht hervorhoben.

Die zweifelhaften Linien haben nach Angström die Wellenlängen von

5489,2	5425,0	5396,1	5265,8
4271,5	4253,9	4226,8	

Zehnmilliontel-Millimeter. Die beiden Linien 5396,1 und 5265,8 sind vermuthlich doppelt, doch gelang die Trennung niemals vollständig.

---

1) Nature XXI, p. 5. 2) Nature XXIII, p. 282.

Keine Zeichen von Zusammensetzung waren bei den Linien

6121,2	6064,5	5019,4	4585,3
4578,3	4249,8	4237,5	

zu erkennen.

Bei den 56 doppelten und dreifachen Linien stehen die einzelnen Linien sehr dicht bei einander, näher als die Componenten der Linie 1474 der Kirchhoff'schen Scala. Im Allgemeinen sind sie, sei es bezüglich der Breite oder der Dunkelheit oder auch bezüglich beider, von einander verschieden; doch sind in etwa 1/4 der Fälle beide Componenten gleich.

Das Spectroskop, dessen sich Young bediente und welches er an das 12 füßige Aequatoreal der Sternwarte in Princeton ansetzte, bestand aus einem Rutherfurd'schen Gitter aus Spiegelmetall von etwa 4 Quadratzoll Fläche mit 17 300 Linien auf den Zoll, einem Collimator und dem Beobachtungsteleskop von 3 Zoll Oeffnung und 42 Zoll Focallänge; die angewandte Vergrößerung variirte zwischen der 50= und 200fachen.

Die Beobachtungen Young's legen die Vermuthung nahe, daß alle früher beobachteten Coincidenzen nur scheinbar sind, wenngleich bis jetzt kein strenger Beweis hierfür vorliegt.

Wir knüpfen daran gleich die Erwähnung einiger Beobachtungen von Young über die Umkehrung von Spectrallinien auf der Sonne.[1]) Die Magnesiumlinien der Gruppe b und Natriumlinien D hat derselbe wiederholt an der Basis von Protuberanzen umgekehrt, also hell, beobachtet, zuerst am 5. Juni 1880. Zuerst zeigte sich in der verbreiterten dunkeln Linie in der Mitte eine helle Linie, die allmählich breiter und am Rande verwaschen wurde, und zuletzt trat in ihrer Mitte eine dunkle Linie auf. Die Erscheinung hatte gewöhnlich eine Dauer von 10 Min. bis einer Stunde und entspricht der doppelten Umkehrung der hellen Natriumlinien, die man unter gewissen Verhältnissen in der Flamme eines Bunsen'schen Brenners oder einer Alkohollampe beobachtet, wenn die Menge und Temperatur des Natriumdampfes in der Flamme bedeutend vermehrt wird.

Die Fraunhofer'schen Linien H und K fand Young in

1) Nature XXIII, p. 281.

den Spectren von Protuberanzen und Sonnenflecken umgekehrt, als er im Jahre 1872 bei Sherman, in mehr als 8000 Fuß überm Meere, beobachtete; später gelang es ihm aber lange Zeit nicht wieder, die gleiche Beobachtung zu machen, abgesehen von einem kurzen Moment während der totalen Sonnenfinsterniß von 1878. Im Sommer 1880 aber sah er wiederholt die Umkehrung, und bei Anwendung der nöthigen Vorsichtsmaßregeln hatte die Beobachtung keinerlei Schwierigkeiten. Das von ihm benutzte Spectroskop hatte Collimator und Beobachtungsfernrohr, beide von 1 1/4 Zoll Oeffnung und 13 Zoll Focallänge, und ein Rutherfurd'sches Gitter auf Spiegelmetall mit 17 300 Linien auf den Zoll; zur Abblendung diente ein kobaltblaues Glas. Das Sonnenbild hatte 1 1/4 Zoll Durchmesser.

Bei Anwendung dieses Spectroskopes erschienen im Spectrum der Chromosphäre die Linien H und K immer umgekehrt, wenn h, die nächste der Wasserstofflinien, zu sehen war. Die Linie K erschien dabei immer einfach, neben H aber zeigte sich, im Abstande eines Theiles der Angström'schen Scala ungefähr, noch eine feine helle Linie. Auch im Spectrum eines Sonnenfleckes waren H und K öfters, wenn auch nicht immer, umgekehrt sichtbar; doch war H hier immer einfach. Uebrigens war die Umkehrung nicht auf den Sonnenfleck selbst beschränkt, sondern erstreckte sich noch über eine weit größere Fläche in der Umgebung.

Die anfänglich gehegte Meinung, daß die zarte helle Linie bei H, nicht aber H selbst dem Wasserstoff angehören möge, hat Young später wieder aufgegeben, nachdem er am 7. October 1880 in den oberen Theilen einer ungewöhnlich (8 Bogenminuten) hohen Protuberanz zwar H und K hell glänzend fand, nicht aber die feine Linie bei H, die dagegen am Fuße der Protuberanz sichtbar war. Er ist daher der Ueberzeugung, daß H und K dem Wasserstoff angehören.

Ueber die Vertheilung des Lichtes im Spectrum haben neuerdings J. Macé und N. Nicati Beobachtungen angestellt.[1]) Sie betrachteten dabei zwei Lichtmengen als gleich für physiologische Zwecke, wenn sie, auf dasselbe ungefärbte

1) Comptes rendus XC, p. 1275; XCI, p. 623, 1078.

Object geworfen, das sich immer in gleicher Entfernung vom Auge des Beobachters befindet, alle Einzelheiten desselben mit gleicher Deutlichkeit erkennen lassen.

Für normale Augen liegt das Maximum der Lichtintensität im Gelb nahe bei der Fraunhofer'schen Linie D; von da nimmt sie nach beiden Seiten hin rasch ab und schon im Blau ist sie sehr gering. Auf die Stärke der Abnahme ist aber auch die Intensität der Beleuchtung von Einfluß: mit abnehmender Beleuchtung nimmt die Helligkeit im Blau und Violett weit langsamer ab als im Roth; vom äußersten Roth an bis ins Grün aber ist die Vertheilung der Helligkeit fast unabhängig von der Beleuchtung.

Bei den Versuchen stellte sich auch heraus, daß das Farbenunterscheidungsvermögen bei verschiedenen Personen, die keineswegs farbenblind sind, merklich verschieden ist, eine Wahrnehmung, die auch anderwärts gemacht worden ist, u. a. von Lord Rayleigh bei einem interessanten Versuche über Farbenmischung.[1])

Macé und Nicati haben ferner die Farbenempfindlichkeit einer Reihe von Farbenblinden untersucht und dabei gefunden, daß bei drei Rothblinden die Empfindung für Roth außerordentlich geschwächt, im Gelb aber fast normal war; im Grün ist bei dem Daltonisten (Rothblinden) nicht blos Wahrnehmung von Licht vorhanden, sondern sie ist sogar noch deutlicher als bei dem normal Sehenden.

Bei einem Grünblinden war die Empfindung des Roth lebhafter als für ein normales Auge; das Gelb wurde gut

1) Derselbe mischte nämlich eine rothe Lösung von neutralem chromsaurem Kalium mit einer blauen Lackmuslösung; in eine Glaszelle gebracht erschien die Flüssigkeit im durchgehenden Lichte gelb. Ganz ebenso wirken auch zwei hinter einander gestellte Glasplatten, welche mit Gelatine bekleidet sind, die mit Aurin und Lackmus getränkt ist. Das Gelb, welches so entsteht, wird indessen von manchen Personen für grünlich, von andern wieder für röthlich gehalten. Bei dieser Gelegenheit sei einer noch interessanteren Farbenmischung gedacht, welche in der Zeitschrift „Nature" (XXIII, p. 133) angegeben ist. Man bringe eine grüne Lösung von Kupferchlorid und eine purpurrothe Lösung von essigsaurem Rosanilin in Amylalkohol in eine Flasche. Die purpurfarbene Lösung schwimmt dann auf der grünen. Schüttelt man aber die Flüssigkeit, so verschwinden die beiden lebhaften Farben und die Flüssigkeit bekommt ein trübes grauweißes Ansehn.

empfunden, Grün aber nur in sehr geschwächtem Grade, Blau und Violett wieder besser.

Zwischen verschiedenen Rothblinden zeigten sich ähnliche Unterschiede in der Wahrnehmung des Blau und Violett, wie bei den normalen Augen.

Macé und Nicati glauben in diesen Ergebnissen eine Widerlegung der Hering'schen Theorie der Farbenwahrnehmung (s. dieses Jahrbuch XV, S. 181) und eine Bestätigung der älteren Young'schen Theorie zu finden.

Bei dieser Gelegenheit mag noch der verwandten Arbeiten von Crova[1]) und Pickering[2]) gedacht werden, welcher letztere aus seinen Beobachtungen u. a. die Resultate ableitet, daß die Helligkeit der Sonne etwa 350000mal so groß ist als die des Vollmondes und daß die Temperatur der ersteren ungefähr 22000° C. beträgt.

Was die relative Dunkelheit der Fraunhofer'schen Linien anlangt, so drückt Kirchhoff dieselbe in seinen „Untersuchungen über das Sonnenspectrum" durch sechs verschiedene Grade der Schwärzung aus. Das zu diesem Zwecke bei der Verfertigung der Originaltafeln befolgte Verfahren war ein höchst mühsames. „Es wurden zuerst die dunkelsten mit dicker schwarzer Tusche gezeichnet; dann die Tusche passend verdünnt, die Linien der nächsten Ordnung gezogen und so fortgegangen bis zu den hellsten. War ein Stück des Spectrums auf diese Weise gezeichnet, so wurde dasselbe mit dem wirklichen Spectrum verglichen, die Fehler in der Breite, Schwärze, und wohl auch in der Lage, die sich fanden, durch neue Schätzungen verbessert und die Zeichnung von neuem gemacht. Eine abermalige Vergleichung und eine neue Zeichnung folgte dann, und das so oft, bis alle Liniengruppen mir mit gewünschter Aehnlichkeit dargestellt zu sein schienen." Zur besseren Controlirung sind die Schwärzen durch die Zahlen 1 (schwächste), 2, 3, 4, 5 und 6 (tiefste) bezeichnet.

Ångström suchte in seinen „Recherches sur le spectre solaire" die relative Stärke der Fraunhofer'schen Linien in

1) Comptes rendus LXXXVII, p. 322; Journal de physique, VII, p. 357 u. VIII, p. 85.

2) Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, VII (new series), p. 236.

neun verschiedenen Schattirungen darzustellen, „abgesehen von den stärksten Strahlen, wie C, D, F, b und einigen anderen." Um dem Zeichner Anhaltspunkte bei der Verfertigung der Spectraltafeln zu geben, bezeichnete er die Linien mit Zahlen von 1 bis 9, abgesehen von den oben erwähnten stärksten.

Statt dieses nur ganz näherungsweisen Verfahrens, das nur zu 6, beziehentlich 10 quantitativ nicht näher bestimmbaren Kategorien von Fraunhofer'schen Linien führt, schlägt Prof. Vierordt in Tübingen die von ihm schon früher zu spectrophotometrischen Messungen benutzte Verwendung eines getheilten, nach Belieben zu erweiternden Spaltes am Spectroskop (s. dieses Jahrb. IX, S. 70) vor.[1]) Diese Methode stützt sich auf die Thatsache, daß die Fraunhofer'schen Linien mit zunehmender Erweiterung des Eintrittsspaltes immer mehr verschwinden. Zunächst werden die blässesten unsichtbar, dann der Reihe nach die weniger schwachen, so daß schließlich selbst die dunkelsten Linien (welche mit ihren Umgebungen am stärksten contrastiren) bei einer gewissen, relativ sehr großen Breite nicht mehr erkannt werden können. Vierordt nimmt dabei an, daß die Helligkeit proportional ist der Weite des Spaltes, eine Voraussetzung, über deren Zulässigkeit kürzlich Prof. Wilh. Dietrich eingehende Untersuchungen angestellt hat.[2]) Was die genaue Ermittelung der Spaltbreite, bei der eine Linie verschwindet, anlangt, so erscheint diese sehr zuverlässig, denn das Auge hat für die Unterscheidung der Helligkeit zweier aneinander stoßender Spectralbezirke eine sehr große Leistungsfähigkeit; es unterscheidet (von Roth abgesehen) $^1/_{100}$ bis $^1/_{120}$ Lichtstärkeunterschied, bei beweglichem Sehfeld (das Beobachtungsfernrohr läßt sich ja auch beweglich einrichten) noch erheblich mehr, bis zu $^1/_{200}$. Der Grenzpunkt des Verschwindens einer Linie läßt sich also mit aller wünschenswerthen Sicherheit bestimmen.

Demnach ist die relative Lichtstärke einer Fraunhofer'schen Linie, wenn mit n die Lichtstärke des hellen Nachbarbezirkes der Linie (bei n Spaltbreite) und mit n' diejenige Spaltbreite bezeichnet wird, bei welcher die letzte Spur der Linie im

---

1) Wiedemann's Annalen XIII, S. 338.

2) Die Anwendung des Vierordt'schen Doppelspaltes in der Spectralanalyse. Stuttgart 1881.

helleren Spectrum noch kenntlich ist, gleich n/n'. Da n' für jede Linie einen constanten Werth hat, so bezeichnet diese Zahl auch die Dunkelheitsgrade der Linien, immer im Vergleich zu ihrem farbigen Nachbarbezirk.

Indem Vierordt eine Umdrehung der zur Erweiterung des Spaltes dienenden Schraube gleich 100 setzte, erhielt er für B 365, für C 280, für D 363 (365, 386, 340 in drei an zwei verschiedenen Apparaten gemachten Messungen), für E 185, für b 289, für F fast 600, für G 620. Da die feinsten Linien schon bei geringer Spaltbreite verschwinden und bei der praktisch freilich nicht mehr verwendbaren Spaltbreite von $1/_{33}$ Schraubendrehung (3^0 der Trommel) Linien verschwinden müssen, die bei $1/_{50}$ Schraubendrehung (2^0 der Trommel) noch gesehen werden können, so folgt daraus, daß die Dunkelheitsgrade der Linien zwischen A und G um das vielhundertfache (im Vergleich zu ihren jeweiligen hellen Nachbarbezirken) variiren müssen. Die Dunkelheit der Hauptlinien nimmt somit in der Richtung gegen G von D an im allgemeinen zu. Die oben angeführten Messungen sind beim gewöhnlichen Tageslicht angestellt; die dabei nothwendigen maximalen Spalterweiterungen afficiren das Auge in keiner Weise. In der äußeren Hälfte des Roth und in Violett bietet dagegen die exacte Bestimmung des Punktes des Verschwindens der verbreiterten Linien Schwierigkeiten. Zu den Versuchen in diesen Regionen ist das durch einen Heliostaten in den Spectralapparat reflectirte Sonnenlicht nöthig. Bei engem Spalte erscheinen dann die Linien ganz deutlich; erweitert man aber den Spalt bis die Linien fast verschwinden, so verliert das Auge, geblendet durch die Stärke der Beleuchtung, sein Unterscheidungsvermögen. Die Anwendung von Rauchgläsern zur Dämpfung findet Vierordt nicht zweckmäßig. Auch das zerstreute Licht des Spectralapparates verursacht Schwierigkeiten in den beiden Grenzbezirken des Spectrums, so daß Vierordt vorerst auf Untersuchungen in denselben verzichten mußte.

Am günstigsten für die Messungen sind isolirte Linien, bei denen das verbreiterte Bild ohne weiteres verschwindet. Ebenso ist es, wenn sich auf beiden Seiten der zu untersuchenden Linie schwächere Linien von solcher Blässe befinden, daß ihr verbreitertes Bild bereits verschwunden ist, wenn

dasselbe mit dem verbreiterten Bilde der zu untersuchenden Linie zusammenfallen würde.

Der Umstand, daß die Helligkeit des Spectrums von der Linie D aus nach beiden Seiten hin abnimmt, macht es wünschenswerth, die Verbreiterung des Spaltes auf beiden Seiten vorzunehmen; denn bei blos einseitiger Verbreiterung wird das Resultat ein etwas anderes sein, je nachdem man die Verbreiterung nach der einen oder nach der anderen Seite hin vornimmt.

Wir wenden uns nun von dem für gewöhnlich sichtbaren zu dem ultravioletten Spectrum, das sich zunächst durch seine Wirkung auf lichtempfindliche (photographische) Platten kundgegeben, das man aber seitdem auch durch besondere Hilfsmittel dem Auge sichtbar zu machen gelernt hat. Zuerst waren es die Fluorescenzerscheinungen, welche dieses Gebiet dem Auge erschlossen; dann aber erkannte Helmholtz, daß man auch bei ausschließlicher Anwendung von Prismen und Linsen aus Quarz im ultravioletten Theile des Spectrums alles sehen kann, was man auf anderem Wege dort gefunden hatte. Der früheren Arbeiten von Stokes, Miller, Mascart, Draper u. A. ist bereits in diesem Jahrbuche (V, S. 98; VI, S. 83; X, S. 113) Erwähnung geschehen; jetzt wollen wir kurz über einige neuere Untersuchungen auf diesem Gebiete berichten.

Zuerst gedenken wir der Beobachtungen, welche A. Cornu angestellt hat, um die äußere Grenze des ultravioletten Sonnenspectrums festzustellen.[1]) Zu dem Zwecke photographirte er dasselbe an schönen Tagen bei verschiedener Höhe, wobei er Prismen aus Quarz und achromatische Linsen, bestehend aus biconvexen Quarz- und planconcaven Doppelspathlinsen anwandte. Die Resultate seiner Beobachtungen hat er durch die Formel

$$\sin h = 0{,}49 - 0{,}8330\,(\lambda - 300)$$

dargestellt, in welcher h die Höhe der Sonne, λ die Wellenlänge des äußersten Endes, ausgedrückt in Milliontel-Millim. bedeutet. Aus dem plötzlichen, je nach dem Stande der Sonne an verschiedenen Stellen eintretenden Abbrechen des ultra-

1) Comptes rendus, LCCCVIII, p. 1101.

violetten Spectrums, sowie aus dem Umstande, daß die ultravioletten Eisenlinien im Sonnenspectrum ganz gleich sind denen irdischer Lichtquellen, nur daß sie hier bis zur Wellenlänge von 200 Milliontel-Millim. zu beobachten sind, zieht Cornu den Schluß, daß auch die ultraviolette Strahlung der Sonne bis über $\lambda = 293$ hinausreicht, daß aber die Atmosphäre absorbirend wirkt, und daß diese Absorption mit zunehmender Wellenlänge rasch zunimmt.[1]) Directe Versuche durch Einschaltung einer erst mit Luft gefüllten, dann aber entleerten, an den Enden mit Flußspathplatten geschlossenen Röhre zwischen Prisma und Collimator des Spectroskopes bestätigten diese Vermuthung und ließen eine scharfe, mit zunehmendem Druck sich nach dem Roth verschiebende Grenze der Absorption erkennen. Anderntheils führten theoretische Betrachtungen zu dem Satze, daß eine Verlegung des Beobachtungsortes nach höher gelegenen Punkten einen verhältnißmäßig nur sehr geringen Einfluß auf die Grenze des ultravioletten Sonnenspectrums, sowie dieselbe durch photographische Aufnahmen ermittelt wird, haben können. Beobachtungen in den Schweizer Alpen, auf dem Riffelhaus, in Visp und auf dem Rigi,[2]) haben dies bestätigt: die Aenderung der Wellenlänge der Grenze beträgt nur ein Milliontel-Millim. auf 900 Meter; die Grenze selbst hatte auf dem Riffelhaus 293,2, in Visp 295,4 Wellenlänge.

Durch welches Medium die Absorption in der Atmosphäre bewirkt wird, ist noch nicht bekannt. Für das Gesetz aber, nach welchem dieses Medium in verschiedenen Höhen auftritt, hat Cornu die Formel gefunden:[3])

$$z = 17761^{m} (\log C - \log l).$$

In derselben bedeutet z die Höhe des Beobachtungsortes, l die reducirte Länge des absorbirenden Mediums, d. h. die Länge einer Schicht, die bei normalem Drucke dieselbe Wirkung ausüben würde, wie die ganze oberhalb des Beobachters befindliche Luftsäule, C endlich eine constante Größe.

---

1) Comptes rendus LXXXVIII, p. 1285.
2) Dies., LXXXIX, p. 808.
3) Dies., XC, p. 940.

Durch eine ganz ähnliche Formel wird aber die Höhe z als Function des Barometerstandes b dargestellt; es ist nämlich

$$z = 18336^m (\log B - \log b),$$

wo B der Barometerstand an der bestimmten tieferen Station ist, von welcher aus z gemessen wird. Da die Bestimmung des numerischen Coëfficienten (17761) in der Cornu'schen Formel ziemlich unsicher ist, so kann man ihn als übereinstimmend mit dem Cöëfficienten der barometrischen Höhenformel ansehen, und dann liefert die Vergleichung beider Formeln das Resultat, daß l und b einander proportional sind. Es steht also in jeder Höhe die Masse der absorbirenden Materie in einem constanten Verhältnisse zu derjenigen der atmospärischen Luft, so daß also die Elemente dieser selbst die Absorption hervorrufen müssen. Nun kann der Wasserdampf nicht das absorbirende Medium sein, denn für ihn ist

$$z = 6700^m (\log F - \log f),$$

wo f die Spannkraft in der Höhe z, F diejenige in der Höhe Null bedeutet. Der constante Factor ist hier ein ganz anderer, und es würde aus dieser Formel ein viel schnelleres Anwachsen der Absorption folgen, als wirklich beobachtet worden ist. Die Absorption des Wasserdampfes ist zwar für die rothen Theile des Spectrums sehr beträchtlich, macht sich aber nicht im Ultraviolett geltend. Ebenso ist auch nach Soret flüssiges Wasser für Ultraviolett sehr durchlässig. Staubtheilchen können ebensowenig die Absorption bewirken, weil dieselbe dann mit dem Herabsteigen in tiefere Regionen der Atmosphäre noch rascher zunehmen müßte, als die Beobachtung ergiebt.

Soret hat vor einigen Jahren ein Spectroskop mit fluorescirendem Ocular angegeben,[1]) das seitdem mehrfach mit gutem Erfolg zur Untersuchung der ultravioletten Theile des Spectrums Verwendung gefunden hat. Eine etwas andere Methode, die besonders zu Messungen noch vorzüglicher geeignet sein soll, hat kürzlich J. L. Schönn beschrieben.[2]) Der von demselben benutzte Spectralapparat — von Adam Hilger

---

1) Vgl. dieses Jahrb. XI, S. 161.
2) Wiedemann's Annalen Bd. X, S. 483.

in London gefertigt — besteht aus einem sich nach beiden Seiten öffnenden Iridiumspalt, dessen Weite an einer Theilung abzulesen ist. Vor dem Spalt befindet sich, auf einem Schlitten verschiebbar, eine das Licht auf ersteren condensirende Cylinderlinse oder eine sphärische Linse von Bergkrystall von 3 und 2 Zoll engl. (7,6 und 5 Centimeter) Brennweite, die Schönn indessen bei seiner Untersuchung nicht benutzt hat. Ueberhaupt sind, soweit nichts anderes bemerkt ist, alle Linsen und Prismen des Apparates von Bergkrystall. Ein Vergleichsprisma ist ebenfalls in einem Schlitten verschiebbar. Die Collimatorlinse hat 54,9 Centimeter Brennweite und 4,12 Centimeter Durchmesser. Vor dieselbe läßt sich auch ein rechtwinkliges Bergkrystallprisma mit Winkeln von 60° und 30° schieben, dessen längere Kathete der Linse parallel läuft. Dasselbe ist so geschliffen, daß die kürzere Kathete der optischen Achse parallel ist. Die Lichtstrahlen fallen sonach alle senkrecht auf die eine Kathetenfläche ein, sie werden folglich einfach gebrochen und treten im Minimum der Ablenkung wieder aus. Schönn benutzte bei seinen Beobachtungen meist nur dieses eine Prisma, um die ultravioletten Strahlen bei geringer Dispersion möglichst intensiv zu erhalten. Vor der Objectivlinse des Fernrohrs, die 46,65 Centim. Brennweite und 4,12 Centim. Durchmesser hat, befindet sich ein Schlitten zur Anbringung eines zweiten, mit dem ersten übereinstimmenden und dazu symmetrisch liegenden Prismas. Die Hypotenuse mißt bei beiden Prismen 5,08 Centim. Collimatorlinse, Fernrohrobjectiv und beide Prismen sind durch eine Hülse vor allem fremdem Lichte geschützt. Wendet man beide Prismen an, und deckt sich eine Linie mit dem Faden oder der leuchtenden Linie des Oculars, so sind die Strahlen, welche diese Linie bilden, durch das zweite Prisma parallel der optischen Achse gegangen, werden also hier gleichfalls einfach gebrochen und befinden sich im Minimum der Ablenkung. Man hat daher bei Messungen nur auf das Fadenkreuz einzustellen, während die beiden Prismen unverändert am Spaltrohr und am Fernrohr bleiben. Natürlich ist die Dispersion der beiden Prismen doppelt so groß, als die eines einzigen und gleich der eines gleichseitigen Prismas.

Schönn hat die Einrichtung getroffen, daß die Spectrallinien horizontal liegen, einestheils weil es auf diese Weise

ohne Anwendung eines Heliostaten leicht möglich ist, der Sonne zu folgen; dann aber auch weil er horizontale Linien leichter als verticale unterscheidet. Zu dem Zwecke steht die mit zwei Nonien versehene Theilscheibe, an welcher das Spaltrohr befestigt ist, vertical und ist um eine horizontale und um eine verticale Achse drehbar; das Fernrohr ist mittels Mikrometerschraube verstellbar.

Bei dem fluorescirenden Ocular fand Schönn die Soret'sche Anordnung nicht befriedigend, er wandte deshalb folgende Einrichtung an: In eine kleine Zelle wurde eine runde Scheibe aus sehr feinem, mit schwefelsaurem Chinin getränktem Pauspapier gebracht, die Zelle selbst wurde dicht vor ein Ramsden'sches Ocular gesetzt, welches auf die Zelle und zugleich auf eine Lichtlinie eingestellt wurde. Letztere konnte auch als dunkle Linie für die Messungen benutzt werden und hatte folgende Einrichtung: Eine Iridiumschneide, die dem Beobachter den Rücken zukehrt und deren Ende genau bis in die Mitte des Gesichtsfeldes reicht, ist am Ende abgeschliffen, so daß ein auf der Achse des Fernrohrs fast senkrecht stehendes gleichschenkliges, sehr schmales Dreieck entsteht, das durch eine kleine Oeffnung in der Seitenwand des Oculars Licht von einem kleinen außerhalb am Ocular angebrachten, mit Universalbewegung versehenen Spiegel erhält. Die Achse des Oculars fällt mit der des Fernrohrs zusammen.

Der für gewöhnlich sichtbare Theil des Spectrums, den man natürlich ohne Chininpapier untersucht, ist dabei weniger deutlich, dagegen ist das ultraviolette Spectrum sehr schön, und es fluorescirt das Chininpapier noch in Strahlen, die etwa um die 6fache Länge des gewöhnlichen Spectrums von der Fraunhofer'schen Linie H abstehen.

Schönn hat mit diesem Apparate zunächst die ultravioletten Spectren von Kadmium, Zink und Thallium untersucht, indem er diese Metalle nach Einschaltung einer Leidener Flasche als Pole eines Ruhmkorff'schen Inductionsapparates benutzte. Er fand dabei gute Uebereinstimmung mit den Miller'schen Photographien in Lockyer's „Studien zur Spectralanalyse."

Bei Untersuchung des ultravioletten Calciumspectrums wandte Schönn auch ein gleichseitiges Kalkspath-

prisma statt der beiden rechtwinkligen Prismen an, das er auf das Minimum der Ablenkung einstellte. Das ultraviolette Kalkspathprisma besteht übrigens nur aus zwei sehr hellen Doppellinien, von denen die erste, die einen größeren Zwischenraum als die zweite hat, noch in das Bereich des ultravioletten Sonnenspectrums fällt.

Im Spectrum des Indiums wurden acht weit von einander abstehende Linien unterschieden.

Weit complicirter ist das Spectrum des Mangans, in welchem Schönn 17 verschiedene Linien (eine Anzahl einfacher und zwei Paar starker) und Liniengruppen unterscheidet, wobei indessen die Möglichkeit besteht, daß einzelne dieser Linien von Verunreinigungen durch Eisen oder Kohle herrühren.

Aehnlich, aber noch reicher und besonders durch das Zusammendrängen der Liniengruppen ausgezeichnet ist das Spectrum des Eisens, das Schönn 2½ mal so lang sah als das photographirte Miller'sche in Lockyer's „Studien." Auf einem Felde, etwa von der Ausdehnung des gewöhnlich sichtbaren Spectrums zwischen den Fraunhofer'schen Linien C und H, sind hier zehn Liniengruppen so dicht zusammengedrängt, daß dieselben fast wie ein zusammenhängendes leuchtendes Feld erscheinen.

Denselben Charakter wie diese beiden hat auch das Spectrum des Aluminiums, doch sind hier die Gruppen nicht so zusammengedrängt.

Schönn macht noch darauf aufmerksam, daß sich sein Verfahren sehr gut zur Beobachtung von Absorptionserscheinungen im ultravioletten Theile des Spectrums eignet. Bei einem vorläufigen Versuche absorbirte eine 10 Centimeter dicke, in einer Glasröhre zwischen zwei Bergkrystallplatten eingeschlossene und zwischen Lichtquelle und Spalt eingeschaltete Wasserschicht einen großen Theil des ultravioletten Spectrums und ließ dasselbe nur etwa bis zur Grenze des ultravioletten Sonnenspectrums durch. Dagegen ließ ein sehr klarer, an beiden Enden mit parallelen angeschliffenen Flächen versehener Eisblock alle Kadmiumlinien durch, die sich doch weit ins Ultraviolette erstrecken.

Die Heliumlinie D_3. — Bezüglich der in dem Spectrum der Chromosphäre und der Protuberanzen auftretenden

Linie D_3 mit der Wellenlänge von 588 Milliontel-Millim., welche Secchi einem besondern Element, das er Helium nannte, zuschrieb, welches eine noch einfachere Molekular-Constitution haben sollte, als Wasserstoff, ist der Abbé Spée zu der Ansicht gekommen,[1]) daß dieselbe wahrscheinlich dem Wasserstoff selbst angehört, und zwar einem sehr stark erhitzten Zustande dieses Gases. Die Thatsache, daß dieselbe nicht im Sonnenspectrum umgekehrt sichtbar ist, sucht er dadurch zu erklären, daß so stark erhitztes Wasserstoffgas in den der Chromosphäre nahen Theilen der Sonnenatmosphäre nicht mehr vorhanden, dort vielmehr das Gas bereits soweit abgekühlt ist, daß es Strahlen von der in Rede stehenden Wellenlänge nicht mehr produciren und daher, nach dem Kirchhoff'schen Gesetz, auch nicht mehr absorbiren kann.

Ueber die relative Lichtintensität der Spectrallinien des Wasserstoffs, Stickstoffs[2]) und Magnesiums[3]) und ihr allmähliches Verschwinden bei Abnahme der Helligkeit hat Ch. Fievez Versuche angestellt, aus denen hervorgeht, daß ein Gas, wenn ihm auch mehrere Spectrallinien eigen sind, doch blos eine zu zeigen braucht, sobald die Helligkeit des leuchtenden Körpers hinlänglich gemindert ist.

Der Apparat, dessen sich Fievez zum Nachweis dieses Satzes bediente, bestand aus einer optischen Bank, auf welcher eine Linse und ein Diaphragma aufgestellt war; dahinter stand ein automatisches Reversionsspectroskop von Young mit horizontalem Spalt. Vor der Linse befand sich in verticaler Stellung eine Geißler'sche Röhre, die bis auf eine kleine Stelle im engen Theile mit Ruß überzogen war. Die Entfernung der Linse von der Röhre einestheils und vom Spalte des Spectroskops anderntheils war nun so gewählt, daß das von der Linse projicirte Bild schmaler als die Spaltbreite war, und daß das Strahlenbündel nach seinem Durchgang durch den Spalt vollständig von dem Objectiv des Collimators aufgefangen wurde. Es konnten auf diese Weise sowohl die kurzen als die langen Linien des Gasspectrums beobachtet werden.

1) Bulletin de l'Acad. Belg. 49, p. 379.
2) Dasselbe, 49, p. 107.
3) Dasselbe, 50, p. 91.

Durch weiteres Abrücken des Diaphragmas vom Spalte weg konnte aber auch die Menge des auffallenden Lichtes verändert werden, ohne daß die Lichtquelle selbst, das durch den elektrischen Funken leuchtend gemachte Gas in der Röhre, irgend welche Veränderung erlitt. Die Elektricität lieferte ein Gaiffe'scher Inductionsapparat mit 50 Centim. Funkenlänge, der auch mit einem Condensator von 5 Quadratmeter Fläche verbunden werden konnte; in einzelnen Fällen wurde auch ein kleiner Inductionsapparat benutzt.

Beim Wasserstoff verschwand nun, wenn man durch Verschiebung des Diaphragmas nach dem Objectiv hin das Licht allmählich abschwächte, zuerst die Linie H und darauf C, und nur F blieb sichtbar.

Beim Stickstoff aber verschwanden der Reihe nach die von Plücker mit I, III, V, II bezeichneten Liniengruppen, während die Gruppe IV übrig blieb.

Dieses Ergebniß hat ein astronomisches Interesse. Die Gruppe IV und die Linie F beobachten wir nämlich in dem Spectrum der Nebelflecke. Wir dürfen daher mit großer Sicherheit glühendes Stickstoff- und Wasserstoffgas als die Quelle ihres Lichtes betrachten. Die Schwächung des Lichtes denkt sich Fievez verursacht durch eine alle Strahlen des Spectrums gleichmäßig treffende Absorption im Weltraume. Doch bleibt es dabei immerhin noch möglich, durch Anwendung stärkerer Objective auch die übrigen Linien zu erkennen.

Im Spectrum des Magnesiums verschwanden bei abnehmender Intensität alle Linien mit Ausnahme der Gruppe b; von dieser verschwand zuerst b_4, b_2 konnte beinahe, b_1 aber nicht zum Verschwinden gebracht werden. Die Resultate blieben im Wesentlichen dieselben, mochte die Abschwächung des Lichtes durch Verschiebung des Diaphragmas oder durch Verminderung der Intensität der Entladung (mittels Ausschaltung des Condensators oder Ueberschlagen der Funken in einem mit verdünnten Wasserstoffgas gefüllten Raume bewirkt werden.

Aus diesem Resultat ergiebt sich, daß Tacchini im Recht ist, wenn er aus der Anzahl der umgekehrten Fraunhofer'schen Magnesiumlinien und der Häufigkeit ihres Auftretens einen Schluß auf die Intensität der Sonnenthätigkeit

macht, welcher auf der Voraussetzung beruht, daß die hellsten Linien zunächst erscheinen und daß die Eruptionen um so heftiger sind, in je größerer Anzahl sie auftreten (vgl. dieses Jahrb. IX, S. 29). Dagegen erweist sich als irrig die Ansicht Lockyer's, der das Verschwinden der Linie b_4 durch eine Zerlegung des (angeblich zusammengesetzten) Magnesiums zu erklären versucht.

Harmonische Verhältnisse in Gasspectren. — Vergleicht man in sehr linienreichen Gasspectren die Wellenlängen verschiedener Linien, so findet man vielfach Werthe, die in einem durch einfache Zahlen ausdrückbaren Verhältnisse stehen. Schon im Jahre 1871 hat Johnstone Stoney auf derartige Beziehungen zwischen drei Wasserstofflinien hingewiesen, und später hat Lecoq de Boisbaudran noch verschiedene andere namhaft gemacht. Besonders hat aber seit einer Reihe von Jahren ein englischer Gelehrter, Arthur Schuster, seine Aufmerksamkeit auf diese Verhältnisse gelenkt und eine große Anzahl entdeckt. Im folgenden sind beispielsweise die Wellenlängen λ einiger Eisenlinien in Zehnmilliontel-Millim. und die Werthe des Bruches x angegeben, mit denen man jene zu multipliciren hat, um die Wellenlängen λ_1 anderer Eisenlinien zu erhalten:

λ	x	λ_1	
		berechnet	beobachtet
6302,49	8/10	5041,99	5041,69
6231,64	5/6	5193,03	5193,25
6137,53	8/9	5455,58	5456,36
	7/8	5370,34	5370,65
6009,32	8/9	5341,62	5341,87
	2/3	4006,2	4006,0

Ueberträgt man die in der Akustik für die Bezeichnung der Tonhöhe üblichen Namen auf diese optischen Verhältnisse, so kann man sagen, daß die Brüche 2/3, 5/6, 8/9 ꝛc. die Quinte, die kleine Terz, die große Secunde ꝛc. charakterisiren, und daß also in diesem Sinne zwischen den verschiedenen Strahlen harmonische Beziehungen bestehen.

Daraus geht aber weiter hervor, daß man auch die

Wellenlängen λ_1 verschiedener Strahlen als aliquote Theile einer und derselben Wellenlänge λ_0 auffassen kann, so daß eine Anzahl Strahlen als Glieder einer harmonischen Reihe erscheinen, d. h. einer Reihe, deren Schwingungszahlen, 2, 3, 4, 5 ꝛc. mal so groß als die des ersten Gliedes sind. Nimmt man z. B. $\lambda_0 = 0{,}018\,694\,765$ Millim., so erhält man

berechnet	beobachtet
$\frac{1}{30} \cdot \lambda_0 = 6231{,}59$	6231,64
$\frac{1}{34} \cdot \lambda_0 = 5498{,}46$	5498,28
$\frac{1}{36} \cdot \lambda_0 = 5192{,}99$	5193,25
$\frac{1}{37} \cdot \lambda_0 = 5052{,}64$	5052,53
$\frac{1}{38} \cdot \lambda_0 = 4919{,}68$	4919,63
$\frac{1}{44} \cdot \lambda_0 = 4248{,}81$	4248,08
$\frac{1}{46} \cdot \lambda_0 = 4064{,}1$	4061,1.

Es hat nun Schuster die Frage zu entscheiden versucht, ob diese harmonischen Verhältnisse einem wahren Gesetze entsprechen, oder ob sie nur durch den Zufall bedingt sind.[1] Zu dem Zwecke wurden nahe an 11000 Verhältnisse unter den Wellenlängen von Spectrallinien einer und derselben Substanz untersucht, wovon über 10000 dem Eisenspectrum angehörten. Diese Verhältnisse wurden mit den Verhältnissen ganzer Zahlen unter 100 verglichen. Die letzteren Verhältnisse oder Brüche wurden tabellarisch geordnet und nun wurde für jedes Verhältniß zwischen Wellenlängen berechnet: 1. die Differenz des zu untersuchenden Verhältnisses und des nächst liegenden Bruches, 2. die Differenz der beiden Brüche, zwischen denen das Verhältniß liegt, und 3. wurde die bei der ersten Rechnung erhaltene Zahl durch die bei der zweiten sich ergebenden dividirt. Der so erhaltene Quotient wird zwischen 0 und ½ liegen. Wenn nun kein Gesetz zwischen den Wellenlängen besteht, so wird der Bruch ebenso oft über ¼ als unter ¼ liegen, und das arithmetische Mittel aus einer großen Anzahl wird daher etwa ¼ sein; besteht aber ein derartiges Gesetz, so wird das Mittel weniger als ¼ betragen. Nun ergaben

1) Proceedings of the Royal Soc. XXXI, p. 337; im Auszug in den Beiblättern zu den Annalen der Physik u. Chemie IV, S. 37.

sich aber beim Magnesium, Natrium, Kupfer, Barium und Eisen Mittelwerthe, die in der Nähe von 1/4 liegen; beim Eisen, bei welchem 10404 Verhältnisse untersucht wurden, ergab sich 0,2513. Dieses Resultat spricht entschieden gegen die Hypothese harmonischer Verhältnisse.

Schuster wendet dann noch ein anderes, allerdings nur für linienreiche Spectra brauchbares Verfahren an; er berechnet nämlich nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung die Anzahl der (innerhalb gewisser Grenzen angenäherten) Coincidenzen unter der Voraussetzung, daß kein Gesetz besteht, mit den wirklich beobachteten Coincidenzen. Dabei zeigt sich nun, daß für Brüche, deren Zähler unter 70 liegen, die beobachteten Coincidenzen kleiner sind als die berechneten; für Brüche aber, deren Zähler mehr als 70 beträgt, sind die beobachteten Coincidenzen zahlreicher. Der erstere Umstand spricht jedenfalls gegen die Existenz eines allgemein gültigen Gesetzes harmonischer Beziehungen. Man sollte aber dann meinen, daß bei Erweiterung der Grenzen, innerhalb deren man eine angenäherte Uebereinstimmung als Coincidenz betrachtet, auch die Anzahl der Coincidenzen proportional größer würde; dies ist aber nicht der Fall, vielmehr ist diese Anzahl bei engeren Grenzen verhältnißmäßig größer. Dieser Umstand scheint, wie Schuster weiter erörtert, kaum zufällig zu sein. Durch Discussion dieser und anderer, scheinbar sich widersprechender Thatsachen kommt nun Schuster schließlich zu den folgenden drei Sätzen:

1) Es giebt eine Ursache, welche dem Gesetze der harmonischen Beziehungen zuwider wirkt, wenigstens was Brüche anlangt, deren Nenner unter 100 und deren Zähler unter 70 liegt.

2) Eliminirt man diese Ursache, so zeigt sich eine Tendenz zu Gunsten der harmonischen Beziehungen.

3) Wahrscheinlich besteht ein höheres und verwickelteres Gesetz, welches nur in einzelnen Fällen in der einfachen Form harmonischer Beziehungen auftritt.

Derartige Beziehungen, ausgedrückt durch Brüche, deren Zähler und Nenner weniger als 10 betragen, giebt Schuster beim Eisenspectrum 38 an.

Spectra der Kohlenstoffverbindungen. — Ang-

ström und Thalén haben früher nachgewiesen, daß in den Spectren aller Kohlenstoffverbindungen, abgesehen von dem Linienspectrum vier Gruppen von Lichtbanden vorkommen, von denen sie die beiden ersten dem Cyan, die dritte dem Acetylen und die letzte dem Kohlenoxyd zuschreiben (s. dieses Jahrb. XIII, S. 129). Diese Ansicht ist von den Professoren G. D. Liveing und J. Dewar in Cambridge (England) aufs neue experimentell geprüft und richtig befunden worden.[1]) Trotzdem kann es auch jetzt noch nicht als entschieden betrachtet werden, ob die Ansicht von Angström und Thalén richtig ist, oder ob Attfield recht hat, welcher diese Banden als dem Kohlenstoff selbst angehörig betrachtet, denn es sind den Versuchen der beiden Cambridger Gelehrten andere von Lockyer und von Watts entgegengestellt worden, aus denen diese den Schluß ziehen, daß die fraglichen Banden dem Kohlenstoff selbst angehören.[2])

Ueber den Einfluß des Druckes und der Temperatur auf die Spectra von Dämpfen und Gasen hat G. Ciamician, veranlaßt durch eine Wahrnehmung, die er im Verlaufe einer früheren Untersuchung über die Homologie der Spectrallinien optischer verwandter Elemente machte, eingehendere Studien angestellt.[3]) Als er nämlich in einem Delachanal'schen Fulgurator Funken durch flüssiges Brom gehen ließ, fielen im Spectrum zwei stark markirte rothe Linien auf, die sich nicht zeigten beim Durchgange des Funkens durch eine Röhre, die verdünnte Bromdämpfe enthielt; in diesem Falle traten aber wieder andere Linien auf, die im ersten nicht zu beobachten waren.

Wüllner hat aus seinen Untersuchungen mit Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff das allgemeine Resultat abgeleitet, daß die Spectrallinien zweiter Ordnung mit wachsendem Drucke breiter werden, während gleichzeitig ein continuirlich beleuch-

1) Ueber die Spectra der Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasserstoff und Stickstoff: Proceedings of the Royal Soc. XXX, p. 152, 490; Auszug in Nature XXII, p. 620.

2) Lockyer: Ueber das Kohlenstoffspectrum: Proceedings of the Royal Soc. XXX, p. 335, 461; Ueber vielfache Spectra: Nature XXII, 4, 309, 662. Watts, Ueber das Kohlenstoffspectrum: Nature XXIII, 197, 266, dagegen Liveing in Nature XXIII, 265, 338.

3) Sitzungsber. der Wiener Akad. Bd. LXXVII, S. 839.

tetes Spectrum als Hintergrund erscheint. Ciamician macht indessen darauf aufmerksam, daß die Erscheinung selbst bei den genannten drei Gasen wesentliche Unterschiede darbietet. Während beispielsweise die Linien des Wasserstoffspectrums schon unter mäßigem Drucke breiter werden, zeigen die des Stickstoffes keine Verbreiterung. Ciamician hielt deshalb eine vergleichende, auf eine möglichst große Zahl von Elementen sich erstreckende Untersuchung für wünschenswerth, um wo möglich das allgemeine Gesetz, welches hier obwaltet, kennen zu lernen.

Es zeigte sich nun, daß die Spectra der drei Halogene, Chlor, Jod und Brom, bei höheren Drucken immer dieselben Eigenthümlichkeiten darbieten. Die Linien scheinen ineinander zu fließen und ohne eine Erweiterung in Banden zu zeigen, werden sie doch gelegentlich etwas breiter. Immer ist aber ein leuchtender Hintergrund vorhanden, der bei Vergrößerung des Druckes heller wird, oft sogar heller als die Linien selbst. Die letztere Erscheinung wird besonders oft bei Jod beobachtet, wo das continuirliche Spectrum schließlich alles übrige bedeckt, während bei Chlor und Brom immer gewisse Linien im Roth deutlich unterscheidbar sind.

Sehr interessant sind die Aenderungen der Intensität der Spectrallinien bei veränderlichem Drucke. Vergleicht man die Spectrallinien der Halogene mit einander, um ihre Homologie zu erkennen, und wendet man dabei nur das Spectrum verdünnter Dämpfe in Geißlerschen Röhren an, so stößt man auf merkliche Schwierigkeiten, denn man kann nur die Linien in Gruppen vergleichen, und diese Linien bieten häufig in jedem der drei Elemente so große Verschiedenheiten der Intensität dar, daß man im Zweifel bleibt über die Existenz einer Homologie ihrer Linien. Die scheinbaren Verschiedenheiten entspringen aber in Wirklichkeit aus der Veränderung der Intensität und der Anzahl der Linien mit dem Drucke. Durch geeigneten Wechsel in der Dichte des Gases oder Dampfes kann man immer Spectra erhalten, welche eine vollständige Homologie der Linien zeigen. So muß man bei Jod die Spannung anwenden, welche Joddampf bei 50° oder 80° C. hat, während bei Chlor und Brom atmosphärischer Druck erforderlich ist.

Das Spectrum des Schwefels ändert sich bei höherem

Drucke gar nicht, die Linien behalten ihre vollkommene Schärfe bei; nur tritt, im rothen Felde besonders, ein continuirlich erleuchteter Hintergrund auf.

Arsen giebt bei mäßigem Drucke und ohne Einschaltung einer Leidener Flasche ein Spectrum erster Ordnung, welches fast continuirlich ist und bei Vermehrung des Druckes oder Einschaltung einer Flasche dem Linienspectrum zweiter Ordnung Platz macht.

Bedeutend ist der Unterschied zwischen den Spectren der bisher erwähnten Metalloide und denjenigen der Metalle; letztere zeigen bandartige Verbreiterungen ihrer Linien, während das continuirliche Spectrum weniger hervortritt. Beim Quecksilber ist namentlich die Breite der grünen und violetten Linien bemerkenswerth.

Bei Natrium fiel Ciamician die große Breite der Linie D auf, wenn sie umgekehrt (dunkel) erschienen; er konnte nämlich das Natriumlicht nur nach dem Durchgang durch eine Schicht kühleren Dampfes untersuchen. Bei hohem Drucke giebt das Natrium ein continuirlich beleuchtetes Spectrum in der Umgebung der umgekehrten D-Linien. Zuerst erscheinen zwei Linien, die aber bald breiter werden, und ineinander fließen, bis der dunkle Absorptionsstreifen schließlich die ganze erleuchtete Fläche bedeckt.

Anomale Dispersion. — Die anomale Dispersion, welche sich in einer theilweise veränderten Ordnung der Farben des Spectrums nach dem Durchgange des Lichtes durch gewisse Körper kundgiebt, ist zuerst von Le Roux am Joddampf beobachtet worden. Dieser Dampf, der hauptsächlich nur die äußersten rothen und blauen Strahlen durchläßt, zeigt nämlich eine stärkere Brechung für die rothen als für die blauen Strahlen. Im November 1870 entdeckte dann Christiansen dieselbe Erscheinung am Fuchsin, und bald darauf wies Kundt dieselbe an vielen andern flüssigen und festen Körpern nach, indem er zugleich auf die Beziehungen zwischen Dispersionsanomalien, Absorption des Lichtes und Oberflächenfarben aufmerksam machte (vgl. dieses Jahrb. VIII, S. 131). Dabei sprach er gleichzeitig die Vermuthung aus, daß auch die Gase, welche zuweilen sehr energische Absorption für gewisse Strahlengattungen besitzen, wohl ebenfalls Dispersionsanomalien in

der Nachbarschaft dieser Strahlengattungen zeigen möchten, fügte aber gleich seinen Zweifel daran hinzu, ob es jemals gelingen werde, eine solche Anomalie an jedem der einzelnen Absorptionsstreifen der Gase und glühenden Dämpfe, von denen einzelne eine so große Anzahl sehr schmaler Absorptionsstreifen zeigen, nachzuweisen.

Neuerdings ist es nun Kundt gelungen, wenigstens bei einem glühenden Dampfe, dem des Natriums, in der That eine Dispersionsanomalie in der Nähe derjenigen Strahlen zu beobachten, die dieser Dampf absorbirt und aussendet.[1]) Die erste derartige Beobachtung machte Kundt, als er mit seinem Assistenten Dr. Kohlrausch für eine Vorlesung den Versuch der Umkehrung der hellen Natriumlinie in eine dunkle anstellte. Sie bemerkten dann, wenn der absorbirende Natrium-

Fig. 38.



dampf sehr dicht und die dunkle Linie D im Spectrum sehr breit war, daß der oberste und unterste Rand des Spectrums in der Nähe dieser Linie eine eigenthümliche Ausbuchtung zeigte, wie die Fig. 38 erkennen läßt. Bei näherer Betrachtung erkannten sie hierin eine durch die kegelförmige Natronflamme bedingte Dispersionsanomalie.

Bei dem Versuch wurde nämlich mittels elektrischen Lichtes durch ein Prisma mit verticaler Kante ein horizontales sehr lichtstarkes Spectrum auf einen Schirm projicirt. In den Gang der Lichtstrahlen wurde ein Bunsen'scher Brenner gestellt und in die Flamme desselben in einem Eisenlöffelchen ein Stück Natrium gebracht. Kommt das Löffelchen genau in die Mitte des Innern der Flamme, so gelingt es leicht, die

1) Wiedemann's Annalen Bd. 10, S. 321.

letztere in der Form eines sehr intensiv gelb leuchtenden Kegels zu erhalten. Dieser Kegel wirkt nun wie ein Prisma mit oben liegender horizontaler brechender Kante, er hat die Tendenz, ein verticales Spectrum zu liefern. Da aber die Strahlen zugleich durch ein Glasprisma mit verticaler Kante gehen, so entsteht ein Spectrum, das die in der Figur angegebene Form haben muß, wenn im Dampfe Dispersionsanomalien vorhanden sind. Weil die brechende Kante des Natriumprismas (d. h. der Natriumflamme) nach oben liegt, so sind am stärksten abgelenkt diejenigen Strahlen, welche eine Ablenkung nach unten zeigen, und das sind die von D aus auf der Seite des Roth liegenden. Die Figur zeigt also, daß in Uebereinstimmung mit den früheren Ergebnissen, die Kundt an festen Körpern und Flüssigkeiten gewonnen hat, der Brechungsexponent mit Annäherung an den Absorptionsstreifen von der Seite des Roth her sehr zunimmt, auf der grünen Seite der dunkeln Linie aber kleiner ist als auf der andern und dann schnell wächst.

Kundt hat den Versuch oft wiederholt und die Erscheinung nicht nur objectiv auf einem Schirm dargestellt, sondern auch durch ein Fernrohr beobachtet. Wenn es gelingt, eine recht regelmäßige Natriumflamme von großer Intensität zu erhalten, so ist die Anomalie sehr beträchtlich.

Nachdem die Erscheinung beim Natriumdampfe nachgewiesen worden, läßt sich erwarten, daß sie auch bei andern absorbirenden Gasen und Dämpfen, und zwar für jedes Absorptionsmaximum auftritt.

Kundt knüpft hieran noch eine interessante Bemerkung. Feste und flüssige Substanzen, welche für gewisse Strahlenpartien starke Absorption und für benachbarte Strahlenpartien anomale Dispersion zeigen, besitzen erwiesenermaßen für dieselben Strahlenpartien ein starkes Reflexionsvermögen. Wenn nun als erwiesen betrachtet werden darf, daß auch glühende Gase in der Nachbarschaft der von ihnen stark absorbirten Strahlen anomale Dispersion zeigen, so wird man annehmen können, daß die Gase auch diejenigen Strahlen, die sie stark absorbiren und mithin nach dem Kirchhoff'schen Gesetze auch aussenden, stark reflectiren. Eine Natriumflamme würde mithin Strahlen von der Schwingungszahl der D-Linie viel stärker

reflectiren als andere leuchtende Strahlen, mithin eine gelbe Oberfläche zeigen. Versuche zur Prüfung dieser Folgerung hat Kundt allerdings noch nicht angestellt, und insofern könnten weitere Schlüsse verfrüht erscheinen. Kundt weist aber darauf hin, daß wenn das Reflexionsvermögen der glühenden Gase für gewisse Strahlenpartien ein erheblich größeres ist als für alle anderen, dies vielleicht für die spectroskopische Untersuchung derjenigen Himmelskörper, welche wie die Kometen theils eignes, theils reflectirtes Licht aussenden, nicht ohne Bedeutung sein dürfte. Besteht das Licht eines solchen Himmelskörpers aus einzelnen isolirten Partien oder zeigt es schmälere helle Banden auf einem dunkeln continuirlichen Spectrum, so sind wir gewohnt, das von dem Körper ausgesandte Licht lediglich als eigenes Licht zu betrachten. Das ist aber durchaus nicht nothwendig, wenn der Körper ein auswählendes Reflexionsvermögen besitzt. „Man könnte sich sogar als extremsten Fall eine nicht leuchtende sehr dichte Gasmasse in unserem Sonnensystem denken, welche auswählende Absorption und mithin für viele einzelne Strahlenpartien auswählendes Reflexionsvermögen besitzt. Eine solche Gasmasse, von der Sonne intensiv beleuchtet, würde, ohne selbstleuchtend zu sein, ein discontinuirliches Spectrum durch Reflexion erzeugen."

Die Newton'schen Ringe.

Boyle und Hooke scheinen die Ersten gewesen zu sein, welche die Farben dünner Blättchen untersuchten, und insbesondere hat der Letztere die farbigen Ringe an Seifenblasen und zwischen zusammengedrückten Glastafeln, sowie die je nach der Dicke verschiedenen glänzenden Farben dünn gespaltener Glimmerscheiben genau beschrieben. Einen Zusammenhang zwischen der Farbe und der Dicke der Blättchen konnte derselbe aber deshalb nicht angeben, weil es nicht möglich war, diese Dicke, ihrer Kleinheit halber, zu messen. Diese Schwierigkeit überwand Newton dadurch, daß er eine convexe Linse von 50 Fuß Krümmungsradius auf die ebene Seite eines planconvexen Objectivglases legte, wodurch er zwischen beiden Gläsern eine Luftschicht erhielt, deren Dicke sich in jedem Abstand vom Mittelpunkte genau bestimmen ließ. Die Erschei-

nung der beim Auftreffen gewöhnlichen weißen Lichtes verschiedenfarbigen, bei einfarbigem Lichte abwechselnd hellen und dunkeln Ringe, die man mit Newtons Namen belegt, suchte dieser durch eine hypothetische Eigenschaft, welche er „Anwandlungen einer leichten Reflexion und Transmission" nannte, zu erklären. Th. Young und Fresnel haben im Anfang unseres Jahrhunderts nachgewiesen, daß diese Ringe durch Interferenz der an der vordern und an der hintern Fläche des Blättchens — bei Newtons Versuch der Luftschicht zwischen den Gläsern — reflectirten Strahlen entstehen.

Die Erscheinung selbst ist übrigens von Newton fast in allen wesentlichen Punkten genau beschrieben worden, so daß spätere Beobachter in dieser Hinsicht lange Zeit nichts Neues hinzuzufügen fanden. Um so mehr Interesse dürften die nachstehenden Untersuchungen beanspruchen, die sowohl bezüglich der äußern Erscheinung als bezüglich der Theorie eine Ergänzung und Berichtigung unseres früheren Wissens über diesen Gegenstand darbieten.

A. Wangerin hat 1866 in seiner Doctordissertation die Behauptung aufgestellt, daß die Newton'schen Ringe eine excentrische Lage besitzen. Da aber die von ihm angestellten Messungen nicht ausreichend waren, die Existenz der nur sehr geringen Excentricität außer Zweifel zu setzen, so unternahm es Sohncke im December 1879 diese Lücke auszufüllen. Dabei aber erkannte derselbe bald, daß die Erscheinnng in mancher Beziehung eine andere sei, als bisher angenommen wurde und daß namentlich die bisherige Vorstellung über den Ort, an welchem die Interferenz zustande kommt, der Wirklichkeit nicht entspricht. Dies hat auch schon Feußner in einer am Anfang vorigen Jahres publicirten Arbeit [1]) nachgewiesen, in welcher die Theorie der Erscheinung für ein keilförmiges Blättchen entwickelt ist. Da indessen die Erscheinungen am keilförmigen Blättchen keinen unmittelbaren Schluß gestatten auf die complicirteren Erscheinungen der Newton'schen Ringe, so unternahmen Sohncke und Wangerin gemeinschaftlich eine neue Untersuchung des Phänomens der Newton'schen

1) Sitzungsber. der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg. Jan. 1880, S. 1.

Ringe, wobei der Erstgenannte den experimentellen, der letztere den theoretischen Theil bearbeitete.[1])

Dabei stellte es sich nun heraus, daß die bisherige Theorie der Newton'schen Ringe nur für senkrecht auffallende Lichtstrahlen in aller Strenge richtig ist, für andere Einfallswinkel aber blos eine erste Näherung bildet. Die wesentlichsten Resultate bezüglich der wahren Beschaffenheit der Interferenzringe sind folgende.

Beobachtet man die Newton'schen Ringe, die mittels einer convexen Linse und einer horizontal darauf liegenden planparallelen Glasplatte in gelbem Natriumlichte erzeugt werden, durch ein beliebig geneigtes Mikroskop, so überzeugt man sich leicht von der Thatsache, daß die Ringe nicht in einer horizontalen Ebene liegen; denn wenn das Mikroskop so eingestellt ist, daß irgend ein Theil eines schwarzen Ringes so scharf als möglich gesehen wird, und man will auch die andern Ringe, ja nur andere Theile desselben Ringes sehen, so genügt es nicht, das Mikroskop in unveränderter Höhe parallel über die horizontale Platte hinzuführen, sondern man muß es an gewissen Stellen tiefer senken, an andern höher erheben, um die Interferenzerscheinung wieder in möglichster Schärfe zu sehen. Eine nähere Prüfung zeigt, daß die scheinbaren Interferenzorte in einer centralen Einfallsebene auf einer geraden Linie liegen, welche nach derjenigen Seite hin ansteigt, von welcher das Licht kommt. Die Neigung dieser Geraden, der sogenannten Hauptgeraden, hängt vom Einfallswinkel ab, ist dagegen für verschiedene Linsen- und Plattencombinationen nicht wesentlich verschieden. Der Neigungswinkel ω dieser Geraden gegen die horizontale Ebene ist nämlich durch den Einfallswinkel ϑ mittels der Formel

$$\tan \omega = \frac{\sin \vartheta \,.\, \cos \vartheta}{1 + \cos^2 \vartheta}$$

bestimmt, ist also unabhängig vom Radius der Linse, sowie von der Dicke und dem Brechungsexponenten der Platte. Bei senkrechter Incidenz, $\vartheta = o$, ist ω der Null gleich, den größten

1) Wiedemann's Annalen, XII, S. 1 u. 201.

Werth aber, nämlich 19° 28', erreicht ω, wenn $\vartheta = 54° 44'$ ($\cos \vartheta = \sqrt{\tfrac{1}{3}}$).

Die auf der Hauptgeraden liegenden Ringdurchmesser haben als gemeinsamen Mittelpunkt den scheinbaren Berührungspunkt der Linse und der Platte und sind den Quadratwurzeln aus den natürlichen Zahlen proportional, aber unabhängig von der Dicke der planparallelen Platte.

Außerhalb der centralen Einfallsebene sind zunächst die Erscheinungen in der centralen Querebene zu erwähnen, d. h. in der Ebene, welche senkrecht zur Einfallsebene durch die Axe des Mikroskopes gelegt ist, während dieses auf den scheinbaren Mittelpunkt des schwarzen Centralfleckes einsteht. In dieser Ebene liegen die scheinbaren Interferenzorte auf einer horizontalen Geraden, der Quergeraden, welche ohne Schnitt unter der Hauptgeraden vorbeigeht; der in Richtung der Mikroskopachse gemessene Abstand beider wächst mit wachsendem Einfallswinkel.

Die Gesammtheit aller Ringe liegt auf einer Regelfläche dritter Ordnung, d. h. auf einer Fläche, die durch stetige Bewegung einer Geraden erzeugt wird und von einer beliebigen Geraden, die nicht in sie hinein fällt, in höchstens drei Punkten geschnitten wird. Die einzelnen Ringe sind Curven von doppelter Krümmung, die sich als concentrische Kreise auf die horizontale Ebene projiciren.

Die bisherige Erklärung der Newton'schen Ringe nahm das auf die Lamelle auffallende Licht als von einem einzigen leuchtenden Punkte ausgehend an. Unter dieser Annahme geht durch jeden Punkt nur ein einziger von den einfallenden Strahlen; die Erscheinung der Ringe aber kommt, wenn von wiederholten Reflexionen im Innern der Lamelle abgesehen wird, durch je zwei interferirende Strahlen zustande. Wangerin hat aber bei seiner Theorie gerade auf den Umstand Rücksicht genommen, daß die Lichtquelle ausgedehnt ist, und daß jeder ihrer Punkte in gleicher Weise zur Geltung kommt. Durch jeden Punkt des Raumes gehen in Folge dessen unendlich viele einfallende Strahlen, und bei der Entstehung der Ringe kommt es nicht blos auf die Interferenz von je zwei Strahlen in jedem Punkte an, sondern auf die Interferenz von unendlich vielen Complexen von je zwei Strahlen.

Die Ausdehnung der Lichtquelle hat übrigens schon Feußner in der bereits erwähnten Arbeit berücksichtigt, wenn auch nicht in ganz derselben Weise wie Wangerin. Uebrigens vermag die Wangerin'sche Theorie nicht blos die Form der Ringe zu erklären, sondern sie giebt auch Rechenschaft über die Thatsache, daß nicht alle Punkte eines Ringes gleich deutlich erscheinen, daß vielmehr die Interferenz völlig deutlich nur für die Punkte der centralen Einfallsebene ist, während sie für alle übrigen Punkte, namentlich auch für die in der Quergeraden liegenden, um so undeutlicher wird, je mehr man sich vom Ringcentrum entfernt.

Prof. Sohncke hat später [1]) einen kleineren handlicheren Apparat angegeben, um die Lage der Newton'schen Ringe im Raume leicht messend verfolgen zu können. Derselbe ist in Fig. 39 dargestellt.

Der Apparat befindet sich auf einer schweren eisernen Grundplatte G, die auf drei Füßen ruht. Am Vorderende derselben ist ein nach Bedürfniß höher oder tiefer zu stellendes Tischchen T angebracht, auf welchem die Gläsercombination g liegt, welche in reflectirtem Lichte bei schiefem Einfall die Newton'schen Ringe zeigt. Ihr gegenüber befindet sich ein kleines, mit Fadenkreuz versehenes Mikroskop von 20- bis 25facher Vergrößerung, das folgenden Bedingungen genügen muß:

Es muß in der Einfallsebene des Lichtes jede beliebige Neigung gegen den Horizont machen können;

es muß sich mit unveränderter Neigung über die ganze obere Glasfläche horizontal nach jeder Richtung hinführen und auf jeden Punkt derselben einstellen lassen;

ferner muß es sich ohne Aenderung der Neigung längs seiner Achse vor- und zurückschieben lassen, damit Punkte in verschiedener Höhenlage über oder unter jener Horizontalebene scharf gesehen werden können;

endlich müssen sich alle diese Bewegungen messen lassen.

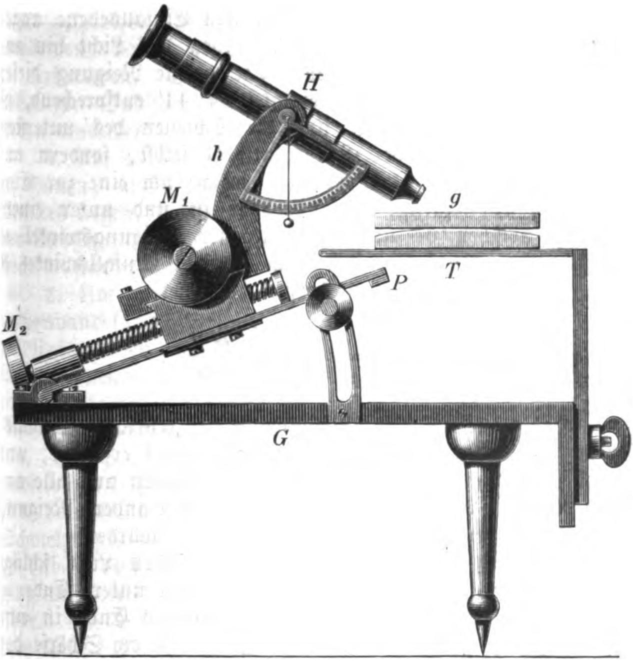
Um diesen Bedingungen zu entsprechen, steckt das Mikroskop mit Reibung in einer Hülse H; eine auf dem Mikroskoprohr angebrachte Theilung in halbe Millimeter läßt die jedesmalige Stellung erkennen. Die Hülse H ist um eine horizontale

---

1) Wiedemann's Annalen XIII, S. 139; Zeitschrift für Instrumentenkunde, Febr. 1881, S. 55.

Achse drehbar, deren Lager sich in den vorderen Theilen zweier schrägen Messinghörner h befinden; die Achsenenden ragen beiderseits hervor, und an dem einen befindet sich zur Messung der Neigung des Mikroskopes ein getheilter Quadrant und ein Loth, während am andern Ende eine Ueberfangschraubenmutter zur Feststellung der Achse sitzt. Das Messingstück mit

Fig. 39.



den Hörnern h kann durch die horizontale Mikrometerschraube parallel zur Drehachse des Mikroskopes verschoben werden, d. i. senkrecht zur Einfallsebene des Lichtes oder im Sinne des Beobachters von rechts nach links. Die Schienen, auf denen diese Verschiebung erfolgt, sowie die Mikrometerschraube M_1 sind aber wieder Theile eines zweiten Schlittens, der durch

die Mikrometerschraube M_2 parallel zur Einfallsebene verschoben werden kann. Die Größe beider Verschiebungen läßt sich an Millimetertheilungen ablesen, die an den Schienen angebracht sind.

Noch ist eine Einrichtung getroffen, um die für die Lage der Newton'schen Ringe im Raume am meisten charakteristische Erscheinung unmittelbar ohne weitere Messungen nachweisen zu können, daß nämlich diejenigen Ringpunkte, welche der durch das Centrum der Ringe gelegten Einfallsebene angehören, sämmtlich auf einer schräg gegen das Licht hin ansteigenden geraden Linie liegen. Die größte Neigung dieser „Hauptgeraden", dem Einfallswinkel 54° 44′ entsprechend, ist 19° 28′. Zu dem Zwecke sind die Schienen des untersten Schlittens nicht auf der Grundplatte G selbst, sondern auf einer ebenen Platte P angebracht, welche um eine zur Einfallsebene rechtwinklige Achse drehbar ist und unter einem beliebig zwischen 0° und 20° gelegenen Neigungswinkel ω festgestellt werden kann, den man für den Einfallswinkel ϑ nach der oben angegebenen Formel berechnet

$$\tan \omega = \frac{\sin \vartheta \, . \cos \vartheta}{1 + \cos^2 \vartheta}.$$

Hat man nun das Mikroskop in der centralen Einfallsebene so gestellt, daß irgend ein Ring scharf erscheint, und dreht man dann die Schraube M_2, so erscheinen auch alle andern Ringe scharf, während dieselben bei einer andern Neigung ω bald ein verwaschenes Aussehen erhalten würden.

Zur Beobachtung in einfarbigem gelben Licht schlägt Sohncke vor, einen Asbestfaden mit seinem untern Ende in eine Kochsalzlösung zu tauchen und sein oberes Ende in eine Bunsen'sche Heizflamme ragen zu lassen. Um die Schärfe der Erscheinung zu erhöhen, empfiehlt es sich, das von der obern Glasfläche reflectirte Licht abzublenden und zu dem Zwecke von einem seitlichen Halter aus einen undurchsichtigen Schirm mit seiner horizontalen Unterkante bis nahe an die Glasfläche herabzusenken.

Wärmelehre.

Eis bei hohen Temperaturen.

Im September 1880 trat Dr. Thomas Carnelley vom Firth College in Sheffield mit der überraschenden Behauptung auf, daß es ihm gelungen sei, festes Eis bei Temperaturen oberhalb des Siedepunktes zu erhalten, oder, deutlicher gesprochen, festes Eis ohne daß es schmilzt soweit zu erwärmen, daß man es nicht mehr anfassen kann, ohne sich zu verbrennen. Derselbe stellte bezüglich der Existenz einer beliebigen Substanz in flüssigem Zustande die beiden Sätze neben einander [1]):

1. Um ein Gas in eine tropfbare Flüssigkeit verwandeln zu können, muß seine Temperatur unterhalb eines gewissen Punktes liegen, den Andrews die kritische Temperatur der Substanz genannt hat; im entgegengesetzten Falle ist kein noch so starker Druck ausreichend, das Gas flüssig zu machen.

2. Um einen festen Körper in eine tropfbare Flüssigkeit zu verwandeln, muß der Druck oberhalb eines gewissen Punktes liegen, den Carnelley den kritischen Druck der Substanz zu nennen vorschlägt; im entgegengesetzten Falle bringt kein noch so hoher Temperaturgrad den Körper zum Schmelzen.

Der erste Satz ist schon 1870 von Andrews entdeckt worden. Den zweiten glaubt Carnelley durch seine Versuche nachgewiesen zu haben. Er giebt an, daß es ihm gelungen, festes Eis beträchtliche Zeit hindurch auf einer den gewöhnlichen Schmelzpunkt beträchtlich überschreitenden Temperatur erhalten zu haben, ohne daß es schmolz; vielmehr verdunstete es nur, ging also direkt aus dem festen in den gasförmigen Zustand über. Um dieses Resultat zu erhalten, mußte er den auf dem Eise ruhenden Druck unter 4,6 Millimeter Quecksilbersäule, d. i. unter die Spannung des Wasserdampfes bei 0° vermindern.

Andere Substanzen zeigen dieselbe Eigenschaft; am auffälligsten ist sie bei Quecksilberchlorid, bei welchem der Druck blos bis unter 420 Millim. Quecksilbersäule herabzusetzen ist.

---

1) Nature XXII, p. 435.

Sobald man größeren Druck eintreten läßt, geht sofort das Schmelzen der Substanz von statten.

Gegen die Richtigkeit der Carnelley'schen Beobachtungen wurden bald allerlei Bedenken laut, insbesondere wurde mehrseitig die Vermuthung geäußert, daß das Eis gar nicht die angegebene hohe Temperatur gehabt habe, vielmehr durch eine die Wärme schlecht leitende Dampfschicht von der heißen Glaswand des Gefäßes isolirt gewesen sei. Dem gegenüber gab aber Carnelley die Versicherung, daß ein in das Eis eingebettetes Thermometer bis zu Temperaturen stieg, die bei den verschiedenen Versuchen zwischen 120° und 180° C. schwankten; bei diesen äußersten Temperaturen war dann entweder alles Eis verflüchtigt oder es hatte sich von der Thermometerkugel losgelöst. 1)

Die genauere Beschreibung seiner Versuche hat Carnelley erst später (im Februar 1881) veröffentlicht. 2) Er giebt an, daß er schon vor mehreren Jahren auf den Gedanken gekommen, daß in einem vollkommenen Vacuum der tropfbarflüssige Zustand unmöglich sei und daß man dann feste Körper über ihren Schmelzpunkt müsse erhitzen können. Versuche hierüber wurden indessen erst im Herbst 1879 angestellt, zunächst mit Schwefel, dann mit Naphthalin, die sich aber beide als unbrauchbar erwiesen. Die Versuche gelangen zuerst mit Quecksilberchlorid, welche Substanz bei 288° schmilzt, bei 270° bis 275° wieder erstarrt und bei 303° siedet. Ungefähr 40 Grm. der reinen Substanz wurden in eine Glasröhre gebracht und in die Substanz wurde ein Thermometer mit seiner Kugel gebettet. Das ausgezogene Ende der Röhre wurde durch einen starken Gummischlauch mit dem einen Rohre eines Dreiwegrohrs verbunden, von dem ein anderes mit einem Manometer und das dritte mit einer Sprengel'schen Luftpumpe in Verbindung stand, welche eine Regulirung des Luftdrucks gestattete. Nachdem der Druck mittels der Pumpe unter 420 Millim. vermindert worden war, wurde das Quecksilberchlorid durch die Flamme eines Bunsen-Brenners stark erhitzt. Es zeigte sich indessen nicht die geringste Schmelzung, wohl aber sublimirte das Salz rasch in die kühleren Theile der Röhre, wäh-

1) Nature XXII, p. 510. 2) Nature XXIII, p. 341.

rend der unverflüchtigte Theil von der Wand der Röhre schwand und fest an der Kugel des Thermometers haftete, das rasch bis über 300° stieg. Nach einer leichten Abkühlung wurde Luft eingelassen, und unter dem vermehrten Drucke, der so entstand, schmolz mit einem mal das an der Thermometerkugel haftende Salz und begann zu sieden, wobei die Röhre sprang.

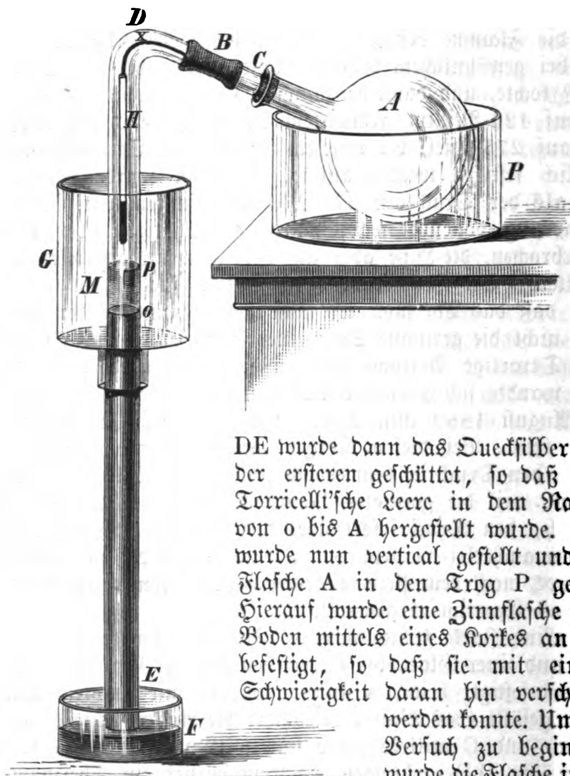
Diesen Versuch änderte dann Carnelley in der Weise ab, daß die Flamme beständig auf gleicher Höhe erhalten wurde, erst bei gewöhnlichem Atmosphärendrucke, wobei das Salz bei 303° kochte, und dann bei allmählich — während des Siedens — auf 420 Millim. reducirtem Drucke, wobei der Siedepunkt bis auf 275° fiel, bei welchem Punkte das Quecksilberchlorid plötzlich fest zu werden anfing. Dasselbe wurde vollständig fest, als der Druck auf 376 Millim. gesunken war. Als die Erstarrung vollendet war, wurde die Thätigkeit der Pumpe unterbrochen, die Hitze aber auf der gleichen Höhe wie vorher erhalten. Die Temperatur des Salzes stieg dann rasch so hoch, daß das Thermometer nicht mehr benutzt werden konnte, aber nicht die geringste Spur einer Schmelzung wurde sichtbar.

Derartige Versuche wurden mehrfach wiederholt, dann aber wandte sich Carnelley nach einer längeren Unterbrechung seit August 1880 zum Studium der analogen Erscheinungen beim Eis. Bei diesem Körper machte es große Schwierigkeiten, den Druck in dem Gefäß unter 4,6 Millim. zu unterhalten, weil die geringste Menge Dampf, die aus dem Eise entwich, den Druck sofort über diesen Punkt erhöhen mußte. Nach mancherlei vergeblichen Versuchen wurde schließlich der folgende, nach dem Princip des Kryophors construirte Apparat für das Experiment gewählt.

Eine starke Glasflasche A (Fig. 40) wurde mit einem Kork und einer Glasröhre C versehen und der Kork mit Kupferdraht befestigt; beide, A und C, wurden mit feuchtem Quecksilber gefüllt (das Wasser erleichtert die Austreibung der Luftblasen) und C mittels eines starken Gummischlauches B mit der Röhre DE verbunden, nachdem vorher ein Thermometer mittels eines Drahtes x am Rande der Röhre C befestigt worden. Die Röhre DE war ungefähr 2,5 Centim. weit und von der Biegung bei D bis E gegen 1,2 Meter lang.

Nach der Verbindung mit C wurde dieselbe vollständig mit Quecksilber gefüllt und mit dem untern Ende in das Quecksilbergefäß F gestellt, wie die Figur andeutet, worauf das Quecksilber bis o, auf die Höhe des äußern Barometerstandes, sank. Durch Aufheben der Flasche A und Neigen des Rohres

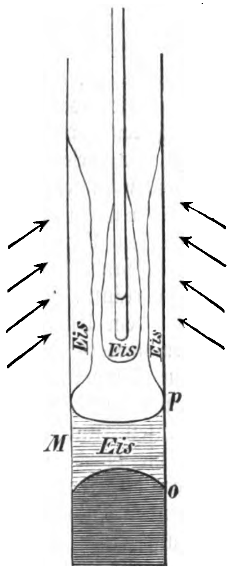
Fig. 40.



DE wurde dann das Quecksilber aus der ersteren geschüttet, so daß eine Torricelli'sche Leere in dem Raume von o bis A hergestellt wurde. DE wurde nun vertical gestellt und die Flasche A in den Trog P gelegt. Hierauf wurde eine Zinnflasche ohne Boden mittels eines Korkes an DE befestigt, so daß sie mit einiger Schwierigkeit daran hin verschoben werden konnte. Um den Versuch zu beginnen, wurde die Flasche in die Stellung G gebracht und mit einer Frostmischung von Salz und Eis gefüllt. Dann wurde etwas ausgekochtes Wasser in die Röhre eingeführt, so daß

es bei M etwa 2 Zoll hoch stand, wobei die Kugel des Thermometers 2,5 bis 5 Centim. über dem Wasserspiegel stand. Auch die Flasche A wurde mit Frostmischung umgeben, damit jede Spur von Wasserdampf sofort zum Gefrieren gebracht werde und der Druck im Innern 1 bis 1,5 Millim. Quecksilbersäule nicht übersteige. Nach etwa 15 Minuten wurde das Gefäß G abwärts geschoben und die Frostmischung daraus entfernt. Das Wasser bei M war in dieser Zeit zu einer festen Eismasse erstarrt, welche beim Erhitzen durch die Flamme eines Bunsenbrenners von unten auf zu schmelzen begann; das Schmelzwasser gerieth dann ins Sieden. Als der größere Theil des Eises geschmolzen war, wurde die Röhre fest mit der Hand umfaßt, deren Wärme ausreichend war, ein ziemlich heftiges Sieden zu erzeugen. Die Flüssigkeit spritzte dabei an den Wänden des Rohres empor und an die Thermometerkugel, dort zu mäßig dünnen Schichten Eis erstarrend, wie Fig. 41 andeutet. Hierauf wurden die Stellen der Wandung, auf welche in Fig. 41 die Pfeile weisen, durch die Flamme eines Bunsenbrenners stark erhitzt. Dabei gerieth das an den Seiten des Rohres haftende Eis anfangs ins Schmelzen, weil der an der Glasfläche entwickelte Dampf keinen Ausweg hatte und dadurch den zur Schmelzung nöthigen Druck erzeugte. Als sich aber eine Abzugsöffnung gebildet hatte, hörte das Schmelzen auf und das Eis blieb in festem Zustande sowohl an den Wänden der Röhre als an der Thermometerkugel, wie hoch man auch die Temperatur steigern mochte. Am Thermometer trat übrigens auch im Beginn des Experiments nie Schmelzung ein, weil hier die Erwärmung von außen erfolgte, die Dämpfe also

Fig. 41.



freien Abzug hatten. Die Temperaturgrade, welche das Thermometer anzeigte, sind bereits oben erwähnt worden.

Als nöthig zum Gelingen des Versuches giebt Carnelley zwei Bedingungen an: 1. daß das Gefäß A hinlänglich groß ist, um ein gutes Vacuum zu unterhalten — bei dem beschriebenen Versuche hielt dasselbe ungefähr 1 Liter — und 2. daß das Eis nur in dünnen Schichten abgelagert wird. Auch darf man keine zu große Fläche der Erhitzung aussetzen, weil sonst der Dampf nicht rasch genug condensirt werden kann und der Druck über den kritischen Punkt steigt. Anderntheils muß die Erhitzung sehr rasch erfolgen, weil sonst die Temperatur des Eises nicht erhöht, vielmehr alle hinzutretende Wärme auf die Verdampfung desselben verwendet wird.

Nachdem Carnelley diese eingehende Beschreibung veröffentlicht hatte, war die Möglichkeit geboten, die Richtigkeit seiner Angaben experimentell zu prüfen. Diese Prüfung ist denn auch von verschiedenen Seiten erfolgt, aber nicht mit dem von Carnelley angegebenen Erfolge.

Prof. Wüllner in Aachen, der den Versuch bald nach Bekanntwerden der ausführlichen Mittheilungen Carnelley's wiederholte, fand, daß derselbe in der That in allen Einzelheiten so verläuft, wie der englische Gelehrte es beschrieben hat, „mit dem Unterschiede nur, daß, so lange das Gefäß des Thermometers ganz mit Eis umhüllt ist, das Thermometer keine Temperatur über etwa — 3° anzeigt".[1]) Wüllner bediente sich einer etwa 2 Centim. weiten und 10 Centim. langen, unten rund zugeschmolzenen und gut gekühlten Glasröhre R, die durch ein angeschmolzenes Verbindungsrohr mit einer etwa 10 Centim. im Durchmesser haltenden, als Vorlage dienenden Glaskugel K und weiterhin mit einem Trockenapparat und einer Sprengel'schen Luftpumpe verbunden war. Die Röhre (R) wurde zunächst mit einer Kältemischung von Schnee und Kochsalz umgeben. Dann umgab man das mit Hilfe eines luftdicht schließenden Gummistopfens in diese Röhre R einzusetzende Thermometer mit einem das Gefäß desselben vollständig bedeckenden Eiscylinder, indem man es

1) Wiedemann's Annalen Bd. XIII, S. 105. Die Arbeit datirt vom 6. März 1881.

in ein Reagenzgläschen steckte, dessen lichte Weite 4 bis 6 Millimeter größer war als der Durchmesser des Thermometergefäßes, das Gläschen dann bis etwa 1 Centim. oberhalb des Gefäßes mit Wasser füllte und dieses in einer Kältemischung gefrieren ließ. Als hierauf das Reagenzgläschen ein wenig mit der Hand erwärmt wurde, konnte man das Thermometer mit dem anhaftenden, etwa 2 Millim. dicken Eiscylinder leicht herausziehen. Das Thermometer mit dem Eis wurde nun in die Röhre R eingesenkt, der Gummistopfen fest eingesetzt, die Kugel K mit einer Kältemischung umgeben, die eine Temperatur von ungefähr — 16° C. erzeugte, und hierauf die Luft ausgepumpt. Als sich an dem Manometer keine Niveaudifferenz mehr wahrnehmen ließ, wurde die Kältemischung um die Röhre R weggenommen, die Röhre abgetrocknet und nun gewartet, bis dieselbe die Temperatur der Umgebung angenommen hatte. Das vom Eiscylinder umgebene Thermometer zeigt dann gewöhnlich die Temperatur der Kältemischung.

Jetzt wurde nun die Röhre R vorsichtig mit der Flamme eines Bunsen'schen Brenners erwärmt, wobei das Thermometer rasch stieg, aber bei etwa — 3° stehen blieb. Das Eis verdampfte sehr schnell, und nach etwa 5 Minuten bildete sich beim Erhitzen von unten am untern Theile des Thermometergefäßes ein vom Eis freier Ring. Sowie derselbe erschien, stieg das Thermometer, erreichte aber kaum 0°, so lange nur etwa 1/3 des Thermometergefäßes frei war. Mit fortschreitendem Verdunsten des Eises und Freiwerden des Thermometergefäßes stieg dann aber die Temperatur schnell.

Als eine auffallende, übrigens auch von Carnelley erwähnte Erscheinung führt Wüllner noch an, daß selbst, wenn das Thermometer schon 20° bis 30° über Null zeigte, der unten am Thermometergefäß hängende Eistropfen nicht abfiel, wenn auch schon die ganze Eisschicht um das Gefäß abgedunstet war; ebenso blieb die Eisschale am Stiel des Thermometers längere Zeit haften. Erst als das Thermometer einmal 50°, das anderemal zwischen 30° und 40° zeigte, fiel der Eistropfen und fast gleichzeitig die am Stiel haftende Schale; beide Eisstücke spielten dann wie der Leidenfrost'sche Tropfen auf dem heißen Glase umher und verdunsteten sehr

schnell. Schmelzung des Eises tritt nicht ein, wenn man den Apparat gehörig ausgepumpt hat und wenn die Kugel recht kalt gehalten wird. Die Ursache des längeren Anhaftens des Eises am Ende des Thermometergefäßes und am Stiele sucht Wüllner in der dort vorhandenen Verdickung des Glases, und er vermuthet, daß das Glas, so lange das Eis daran haftete, dort eine Temperatur unter 0° hatte.

Wie schon Carnelley erwähnt, darf die Eisschicht nicht stark sein, wenn bei starker Erwärmung des Gefäßes das Eis nur verdunsten, nicht schmelzen soll. Wüllner benutzte einmal ein Thermometer mit Kugel, die mit einer 1 bis 1,5 Centim. dicken Eisschale umgeben war. Die Röhre R war bei diesem Versuch durch eine Kugel von nahezu demselben Durchmesser wie die Kugel K ersetzt; zur Bildung der Eiskruste war diese Kugel mit Wasser gefüllt und das Thermometer hineingetaucht worden, worauf man das Wasser durch eine Frostmischung zum Gefrieren brachte. Durch Eintauchen in warmes Wasser wurde dann soviel abgeschmolzen, daß nur eine Eiskruste von der angegebenen Dicke übrig blieb und dann das Wasser weggegossen. Dann wurde die Glaskugel mit einer Luftpumpe verbunden, mit einer Kältemischung umgeben, um das Eis zu trocknen, die Luft ausgepumpt, hierauf die Kugel K mit Kältemischung umgeben und die das Eis umgebende Kältemischung weggenommen. Das Thermometer im Eis zeigte — 17°. Nach Abtrocknung der das Thermometer enthaltenden Kugel wurde sie mit der Flamme eines Bunsen'schen Brenners erhitzt; die Temperatur des Thermometers stieg rasch, bei 0° aber begann das Eis von innen zu schmelzen, es traten kleine Tropfen aus der Oberfläche heraus. Beim Entfernen der Flamme gefror das Wasser wieder und das Thermometer sank, beim Wiedererwärmen stieg es wieder. Man konnte die Temperatur bis auf etwa 1° bringen, es hatte sich aber da, wo der Stiel des Thermometers aus der Eisschale heraustrat, eine Höhlung gebildet und die Thermometerkugel war augenscheinlich mit Wasser umgeben. Durch 40 Minuten lang fortgesetzte, wiederholt bei eintretender Schmelzung unterbrochener Erhitzung waren 12 Gramm Eis in die Kugel K übergegangen.

Wenn aber die Kugel mit dem von Eis umgebenen Thermometer nur bis etwa zur Temperatur des siedenden Wassers

erhitzt wird — durch Einsetzen in Wasser, in welches Dampf geleitet wird —, so kann man auch bei so dicken Eisschalen stundenlang Verdunstung ohne Schmelzung unterhalten. Wüllner ließ einmal auf diese Weise die Erhitzung 5 Stunden lang dauern und destillirte von der ursprünglich 75 Gramm wiegenden Eisschale 42 Gramm in die Kugel K über.

Derselbe macht noch darauf aufmerksam, daß man auf solche Weise die Verdampfung des Eises und den starken dabei auftretenden Wärmeverlust recht deutlich für Vorlesungszwecke veranschaulichen kann. Man kann dazu einen gut ausgepumpten Kryophor benutzen, in dessen eine Kugel ein Thermometer eingeschmolzen ist, muß aber dafür Sorge tragen, daß der Hals der als Vorlage dienenden Kugel, soweit er in die Kältemischung taucht, hinlänglich weit ist, damit nicht das überdestillirende Eis denselben verstopft.

Während so Wüllner die Möglichkeit der Destillation des Eises, ohne daß solches schmilzt, auch bei starker Wärmezufuhr, nicht im Mindesten in Zweifel zieht, folgert er aus seinen Versuchen, daß, solange das Thermometergefäß vollständig mit trockenem Eis umgeben ist, seine Temperatur nicht 0° erreicht; steigt das Thermometer höher, so ist entweder das Thermometergefäß nicht mehr vollständig von Eis bedeckt oder es ist bei dickeren Eisschichten mit Wasser umgeben.

Die Möglichkeit, das Eis beträchtlich über 0° zu erhitzen, wird also von Wüllner entschieden in Abrede gestellt. Gerade aber darin liegt der Schwerpunkt des Carnelley'schen Versuches; denn schon im Jahre 1875 hat Lothar Meyer einen Versuch beschrieben, welcher zeigt, daß es nur vom Drucke abhängt, ob ein starrer Körper beim Erwärmen direct in den gasförmigen Zustand übergeht oder erst durch den tropfbar-flüssigen Zustand hindurch.[1]) Besonders leicht lassen sich Versuche dieser Art anstellen mit Jod, Japankampher, Naphthalin, namentlich aber mit Perchloräthan (C_2Cl_6), dessen Dampfspannung beim Schmelzpunkt (186°) den Druck der Atmosphäre übersteigt. Meyer hat auch darauf aufmerksam gemacht, daß Carnelley's „kritischer Druck" der Druck des eigenen Dampfes der

1) Berichte der deutsch. chem. Gesellschaft (1875) 8, S. 1627.

Substanz ist, sowie daß es andererseits möglich ist, das Schmelzen eines festen Körpers bei jedem beliebigen Druck verhindern zu können, wenn man einen warmen Luftstrom von solcher Geschwindigkeit darüber hinleitet, daß aller entstandene Dampf sofort weggeführt wird.

Was nun die Hauptfrage, die nach der Temperatur des Eises um das Thermometer bei dem Carnelley'schen Versuche, anlangt, so hat Stokes die Vermuthung ausgesprochen, daß das Eis gar nicht die hohe Temperatur besitze, die das Thermometer, nach Carnelley's Angabe, anzeigt. Das Thermometer werde nämlich erhitzt durch die Wärmestrahlen, welche durch das Eis hindurchgehen und nur in geringer Menge von demselben absorbirt werden; vor der Erhitzung von seiten des Thermometers aber sei dasselbe geschützt durch eine schlecht leitende Dampfschicht, die sich bildet, sobald das Thermometergefäß heiß wird. Um diesen Einwand zu beseitigen, hat nun Carnelley, wie er in seiner letzterwähnten Mittheilung berichtet, dem Rathe Prof. Roscoe's folgend, die hohe Temperatur des Eises direct nachzuweisen versucht, indem er dasselbe in Wasser fallen ließ und die Temperaturerhöhung desselben bestimmte. Er giebt an, daß er nur zwei derartige calorimetrische Bestimmungen ausgeführt habe, von denen aber die eine theilweise mißglückt sei. Doch sei auch hier eine Erhöhung der Temperatur nachweisbar gewesen, und das Eis müsse also über 80° C. gehabt haben, weil sonst in Folge der Bindung der Wärme beim Schmelzen eine Abkühlung hätte eintreten müssen. Bei dem andern Versuche wurden 1,3 Gramm Eis in 185 Gramm Wasser — seine Temperatur ist nicht angegeben — gebracht, wodurch dessen Temperatur um 0,2° C. erhöht wurde. Daraus schließt Carnelley auf eine Temperatur des Eises von 122°. Er giebt noch weiter an, daß alle Maßregeln getroffen waren, sowohl fremde Wärme wie Wärmeverluste abzuhalten; das zur Beobachtung benutzte Thermometer ließ noch Unterschiede von 0,05° C. erkennen, die Ablesungen wurden von zwei Personen, unabhängig von einander, vorgenommen. Doch hält Carnelley trotzdem noch weitere ähnliche Versuche für nothwendig, die er denn auch zusagt. Wenn gleichwohl seitdem Nichts über weitere Resultate verlautet hat, so ist wohl anzunehmen, daß die zahl-

reichen andern Beobachter Recht behalten haben, welche zu einem ähnlichen Resultate wie Wüllner gekommen sind.

Es haben nämlich L. Meyer, Butlerow, Herschel,[1] Mc Leod,[2] de la Rivière,[3] van Hasselt[3]) und Hannay[4]) bei Wiederholung des Carnelley'schen Versuches, allerdings in mehr oder minder abgeänderter Weise, nie Temperaturen über 0° am Thermometer beobachtet, so lange dessen Kugel völlig mit Eis umhüllt war. Es bleibt also nur noch die Möglichkeit, daß das sublimirte Eis, welches bei Carnelley's Versuch die Kugel umgab, andere wesentliche Eigenschaften besitzt als das direct aus flüssigem Wasser erhaltene, welches die übrigen Experimentatoren anwandten, eine Ansicht, die u. a. Pettersson[5]) ausgesprochen hat, dem es aber auch nicht hat glücken wollen, den Carnelley'schen Versuch mit dem gewünschten Erfolg zu wiederholen.

Wärmeleitung.

Forbes hat zuerst die Wahrnehmung gemacht, daß das innere Wärmeleitungsvermögen von Metallen mit steigender Temperatur langsam abnimmt.[6]) Neuerdings hat nun Robert Weber in Zürich auch einige schlecht leitende Substanzen in dieser Beziehung untersucht.[7]) Zunächst beschäftigte er sich mit einem Gestein, das beim Aufbau der äußeren Erdkruste eine sehr wichtige Rolle spielt, nämlich mit dem Gneis und fand, daß dessen Wärmeleitungsvermögen ebenfalls von der Temperatur abhängt, und zwar beträgt die Aenderung des innern Leitungsvermögens das Dreifache von dem des äußern und hat entgegengesetztes Vorzeichen. Dasselbe Gesetz zeigte sich auch beim Paraffin, welches demnächst von Weber untersucht

---

1) Nature XXIII, p. 383. 2) Das. XXIV, p. 28. 3) Das. XXIV, p. 4. 4) Das. XXIII, p. 504. 5) Das. XXIV, p. 167.

6) Transactions of the Royal Soc. of Edinburgh, Vol. XXIII, XXIV (1861 u. 62). Neuere theoretische Untersuchungen über diesen Gegenstand hat Lodge veröffentlicht im Philosoph. Magazine 8th series, VII, p. 198, 251; VIII, p. 510.

7) Vierteljahresschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Bd. XXIII, S. 209.

wurde: auch hier ergab sich die Abhängigkeit von der Temperatur und die Aenderungen des innern Leitungsvermögens waren fast dreimal so groß als die des äußern.

Aus dem übereinstimmenden Verhalten der übrigens so verschiedenen Substanzen wie Gneis, Paraffin und Metalle, darf man wohl den Schluß ziehen, daß überhaupt immer die Wärmeleitungsfähigkeit eine Function der Temperatur ist.

Die Wärmeleitungsfähigkeit in Flüssigkeiten ist im Laufe des letzten Jahrzehntes mehrfach Gegenstand messender Untersuchungen gewesen; eine kritische Durchsicht dieser verschiedenen Arbeiten hat aber Prof. H. F. Weber in Zürich zu dem Ergebniß geführt: „so viele Male die Wärmeleitung der Flüssigkeiten untersucht wurde, ebenso viele verschiedene, einander total wiedersprechende Resultate wurden gewonnen.“ [1])

Mit Uebergehung einer ausgedehnten Arbeit von Guthrie [2]) dem er vorwirft, „eine im Princip leistungsfähige Methode in gänzlich fehlerhafter Weise gehandhabt und die durch diese Methode gewonnenen Beobachtungsdaten in ebenso fehlerhafter Weise interpretirt“ zu haben, erwähnt Weber zunächst die ersten absoluten Messungen des Wärmeleitungsvermögens einer Reihe von Flüssigkeiten durch Lundquist [3]), der sich einer außerordentlich zuverlässigen, wenn auch etwas zeitraubenden Methode bediente, welche einige Jahre früher Angström zur Bestimmung der Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle ausgebildet hatte. Folgendes sind die Werthe für das absolute Wärmeleitungsvermögen k der untersuchten Flüssigkeiten (Gramm, Centim., Minute und 1° C. als Einheiten vorausgesetzt) bei einer mittlern Temperatur t, der Dichte ϱ und der specifischen Wärme c:

	k	t	ϱ	c
Wasser . . .	0,0933	40,8°	1,000	1,000
Kochsalzlösung .	0,0895	43,9°	1,178	0,785
Zinkvitriollösung	0,0964	44,1°	1,242	0,816
„	0,0949	45,2°	1,382	0,770

1) Wiedemann's Annalen, Bd. 10, S. 103.
2) Philos. Transactions Vol. 159, p. 637 (1869).
3) Undersökning of några vätskors lednings förmaga for värme (1869).

Fünf Jahre später hat Winkelmann[1]) mit Benutzung eines von Stefan zur Bestimmung des absoluten Wärmeleitungsvermögens der Gase angegebenen Apparates folgende Werthe von k für sechs verschiedene Flüssigkeiten ermittelt:

Wasser	0,0924	Glycerin . . .	0,0448
Kochsalzlösung . .	0,1605	Alkohol	0,0904
Chlorkaliumlösung	0,1147	Schwefelkohlenstoff	0,1202

Aus den letzten Jahren sind dann die Untersuchungen von Beetz[2]) zu erwähnen, welche folgende relativen Werthe des Wärmeleitungsvermögens für eine größere Anzahl Flüssigkeiten für die beiden Intervalle 8° bis 14° und 28° bis 36° C. gegeben haben:

I. (8°—14°)		II. (28°—36°)	
Quecksilber	1066	Quecksilber	1310
Schwefelkohlenstoff .	513	Schwefelkohlenstoff .	738
Chloroform . . .	468	Wasser	662
Aether	465	Chloroform	648
Wasser	413	Benzin	593
Benzin	409	Alkohol	570
Schwefelsäure . . .	376	Schwefelsäure . . .	451
Alkohol	360	Glycerin	386
Glycerin	340	Olivenöl	308
Olivenöl	266		

In diesen Tabellen sind die Flüssigkeiten nach abnehmender Wärmeleitungsfähigkeit geordnet, wobei gleich auffällt, daß die Reihenfolge nicht beidemal die gleiche, also von der Temperatur abhängig ist. Während zwischen 8° und 14° Chloroform ein weit besserer Leiter ist als Wasser, leitet es zwischen 26° und 36° etwas schlechter, und Alkohol, der im ersten Temperaturintervalle schlechter leitet als Schwefelsäure, steht dieser im zweiten bedeutend voran.

Aus obigen Tabellen ist ferner ersichtlich, daß, abgesehen vom Alkohol, die leichtflüssigen Substanzen den weniger leichtflüssigen voranstehen, während Wasser eine Mittelstellung einnimmt. Es liegt sehr nahe, den Einfluß der größern oder geringern Beweglichkeit auf das Leitungsvermögen durch die

---

1) Poggend. Annalen Bd. 153, S. 481 (1874).
2) Wiedemann's Annalen Bd. 8, S. 435 (1879).

Annahme zu erklären, daß die Wärmefortpflanzung in Flüssigkeiten überhaupt nicht eigentlich durch Leitung, sondern vielmehr durch Strömung zwischen den verschieden warmen Theilen der Flüssigkeit erfolge. Um die Richtigkeit dieser Vermuthung zu prüfen, wurden etwaige Strömungen durch Bärlappsamen sichtbar gemacht und anderntheils die Beweglichkeit durch Zusatz von Quittenschleim und Stärkemehl gehemmt. Dabei stellte sich nun heraus, daß bei niederen Temperaturen die Beimengung von Stoffen letzterer Art fast gleichgültig ist, daß also hier die Leitungsfähigkeit nur in geringem Grade auf Rechnung der Strömungen zu setzen ist. Anders ist es bei höheren Temperaturgraden: sobald hier die Beweglichkeit des Wassers gehemmt ist, nimmt auch seine Leitungsfähigkeit ab, wobei es aber wieder gleichgültig ist, ob die Consistenz nahezu die des Wassers oder die einer Gallert ist. „Ebensowenig," meint aber Beetz, „wie bei niederer Temperatur, dürften auch bei höherer die Strömungen eine wesentliche Rolle spielen, denn die Temperaturdifferenzen, um die es sich hier handelt, sind auch nicht viel größer als im andern Falle. Es ist vielmehr die Verschiebbarkeit der Moleküle gegeneinander, welche durch die höhere Temperatur durchweg vergrößert wird, bei einer Flüssigkeit mehr, bei der andern weniger gesteigert, aber immer mit demselben Erfolg: mit einer Vergrößerung des Leitungsvermögens."

Die Vergleichung der in den Tabellen unter I und II aufgeführten Zahlwerthe bestätigt ferner den schon von Guthrie aufgestellten Satz, daß das Leitungsvermögen der Flüssigkeiten bei höherer Temperatur größer ist als bei niederer.

Beetz hat auch zahlreiche Versuche über das Verhalten wässriger Lösungen leichtlöslicher Salze angestellt, die in drei verschiedenen Concentrationsgraden in den oben erwähnten Temperaturintervallen beobachtet wurden. Es ergab sich dabei, daß zunächst bei niederer Temperatur Wasser durch Beimischung eines Salzes im Allgemeinen an Leitungsvermögen gewinnt, indem alle verdünnten Salzlösungen, mit Ausnahme von Kupferchloridlösung, besser leiten als Wasser. Bei höherer Concentration steigt das Leitungsvermögen und erreicht ein Maximum, von dem aus es wieder abnimmt; nur bei Chlor=

natrium und Chlorcalcium war ein solches Maximum nicht nachweisbar. Bei höherer Temperatur ist Wasser ein besserer Leiter als fast alle wässrigen Lösungen. Dagegen ordnen sich, nach der Seite der schlechteren Leiter hin, alle übrigen Lösungen nach dem Grade der Concentration, so daß immer die concentrirtere Lösung schlechter leitet als die verdünnte.

Weber hat nun im Hinblick auf die Widersprüche in den numerischen Resultaten der früheren Arbeiten sich angelegen sein lassen, „eine von den bisher benutzten Untersuchungsmethoden verschiedene und möglichst fehlerfreie neue Methode in Anwendung zu bringen, und die durch die neue Beobachtungsmethode gelieferten Daten einer vollkommen strengen, auf die Principien der Theorie der Wärmeleitung basirten Rechnung zu unterwerfen." Das Verfahren ist dem ähnlich, welches Weber früher schon bei Untersuchungen über das Grundgesetz der Diffusion angewandt hat und welche eine erheblich feinere Messung der sehr kleinen Wärmeleitungsvermögen der Flüssigkeiten gestattet, als die bisher zur Bestimmung der viele hundertmal größeren Wärmeleitungsfähigkeiten der Metalle benutzten Methoden zu geben vermögen.

Auf eine planparallele cylindrische Basisplatte von 0,5 Centim. Dicke und 200 Quadr.-Centim. Fläche werden drei planparallele Stückchen von je 0,1 Quadr.-Centim. Fläche und der gewöhnlichen Dicke von einigen Millimetern aus einer sehr schlecht leitenden Substanz — Glas, Hartgummi oder dergl. — gelegt, und auf diese wird eine auf der Unterfläche genau eben geschliffene cylindrische Kupferplatte von 1 bis 1,5 Centimeter Dicke und genau derselben Fläche wie die untere Platte gesetzt. Die zu untersuchende Flüssigkeit kommt zwischen dieses genau horizontal zu stellende Plattensystem, so daß sie den Zwischenraum ausfüllt und mit leicht gekrümmtem, capillarem Bauche zwischen den Rändern vorsteht. Dieses System wird nun zunächst einige Zeit hindurch einer mäßig hohen Temperatur — etwa der Zimmertemperatur — ausgesetzt, bis es dieselbe durch seine ganze Masse hindurch angenommen hat. In einem bestimmten Augenblicke, den man als Nullpunkt der Zeit betrachtet, wird dann das System mit seiner Unterplatte auf eine

ebene Eistafel gesetzt, rasch mit einer auf 0° gekühlten Hülle aus Kupferblech überdeckt und der Abkühlung überlassen. Nach kurzer Zeit ist dann die untere Platte auf 0° abgekühlt, und diese Temperatur behält sie bei, während von der obern, wärmeren Platte eine stetige Wärmeströmung durch die Flüssigkeitsschicht nach unten hin stattfindet. In Folge davon sinkt die Temperatur der obern Platte und jeder horizontalen Schicht der Flüssigkeit nach einem leicht zu ermittelnden Gesetz, und aus dem durch Messung bestimmten zeitlichen Verlaufe der Temperatur in irgend einer Schicht läßt sich das Wärmeleitungsvermögen bestimmen. Weber nahm die Messungen in der obern Grenzschicht der Lamelle vor, deren Temperatur gleich derjenigen der untern Fläche der obern Kupferschicht ist. Näheres Eingehen auf die Art der Ableitung der Resultate aus den Messungen und ihre theoretische Begründung müssen wir uns hier versagen und uns begnügen, die hauptsächlichsten Resultate aufzuführen.[1]) Zunächst sind in der folgenden Tabelle die numerischen Ergebnisse aufgeführt, welche Weber erhalten hat.

	k	ϱ	c	$\gamma = \varrho c$	$\eta = \frac{k}{\gamma}$
Wasser	0,0745	1,000	1,000	1,000	0,0745
Kupfervitriollösung . . .	0,0710	1,160	0,848	0,984	0,0722
Zinkvitriollösung I . . .	0,0711	1,134	0,861	0,976	0,0729
" II . . .	0,0698	1,272	0,765	0,973	0,0721
" III . . .	0,0691	1,362	0,706	0,962	0,0718
Kochsalzlösung	0,0692	1,178	0,800	0,942	0,0735
Glycerin	0,0402	1,220	0,605	0,738	0,0545
Alkohol	0,0292	1,795	0,566	0,450	0,0649
Schwefelkohlenstoff . . .	0,0250	1,271	0,254	0,325	0,0769
Aether	0,0243	1,728	0,520	0,378	0,0643
Olivenöl	0,0235	1,911	0,471	0,429	0,0548
Chloroform	0,0220	1,485	0,233	0,346	0,0636
Citronenöl	0,0210	0,818	0,438	0,358	0,0587
Benzin	0,0200	0,701	0,381	0,270	0,0741

Es haben hier k, ϱ, c die früher erwähnte Bedeutung; ferner ist $\gamma = \varrho c$ das Product aus Dichte und specifischer

1) Wiedemann's Annalen Bd. X, S. 103, 304 u. 472.

Wärme oder die specifische Wärme der Volumeinheit, und endlich $\eta = \frac{k}{\gamma}$ der Quotient aus Leitungsvermögen und specifischer Wärme der Volumeneinheit.

Die Vergleichung der Werthe von k und γ zeigt nun sofort, daß die Wärmeleitungsfähigkeit in strengster Abhängigkeit von der specifischen Wärme der Volumeneinheit steht. Die Flüssigkeit, bei welcher die letztere am größten ist, das Wasser, besitzt auch das größte Wärmeleitungsvermögen, dagegen hat dieses seinen kleinsten Werth beim Benzin, als demjenigen Körper, bei welchem die specifische Wärme der Volumeneinheit am kleinsten ist.

Aus der Zusammenstellung der Resultate Webers geht ferner hervor, daß der Werth des Wärmeleitungsvermögens der von ihm untersuchten Flüssigkeiten in der Hauptsache der specifischen Wärme für die Volumeneinheit proportional ist. Die für Schwefelkohlenstoff, Benzin, Wasser und fünf Salzlösungen erhaltenen Zahlwerthe des Quotienten η zeigen dieses Gesetz ganz deutlich. Bei sehr zähen Flüssigkeiten aber, wie Glycerin und Olivenöl, besitzt dieser Quotient einen etwas kleineren Werth, woraus mau sieht, daß die innere Reibung von Einfluß auf die Wärmeleitungsfähigkeit ist. Doch ist dieser Einfluß nur unbedeutend; denn in drei von Weber untersuchten Zinkvitriollösungen nahm die innere Reibung mit wachsender Concentration fast bis zum zwanzigfachen Werth der innern Reibung des Wassers zu, während der erwähnte Quotient nur eine geringe Abnahme zeigte. Auch für Glycerin ist dieser Quotient noch vergleichbar dem Werthe, den er bei leichtflüssigen Körpern besitzt; und doch ist die innere Reibung bei dem ersteren über achthundertmal so groß als bei den letzteren. Außer der innern Reibung scheinen auch noch andere Eigenschaften der Flüssigkeit von Einfluß auf jenen Quotienten zu sein.

Den Quotienten η nennt Weber die Temperaturleitungsfähigkeit, und er spricht deshalb das gewonnene Ergebniß in den Worten aus: Durchsichtige nicht metallische Flüssigkeiten haben bei gleicher Temperatur nahezu die gleiche Temperaturleitungsfähigkeit. Er glaubt, daß dieser Satz für den Aufbau

einer Theorie der tropfbaren Flüssigkeiten von fundamentaler Bedeutung sein werde.

Durch besondere Versuche wurde ferner festgestellt, daß das Wärmeleitunsvermögen der untersuchten Flüssigkeiten mit der Temperatur zunimmt. Um dies darzuthun, wurde das Plattensystem mit der Flüssigkeitsschicht auf 45° erwärmt und alsdann ein Strahl der Wasserleitung auf die untere Platte geleitet, wodurch diese auf eine Temperatur von ungefähr 25° C. gebracht wurde. Dabei ergab sich für

		bei der mittl. Temperatur
Wasser	$k = 0,0745$ ...	4,10° C.
	$k = 0,0857$ ...	23,67
Kochsalzlösung	$k = 0,0692$ ...	4,40°
	$k = 0,0809$ ...	26,28
Zinkvitriollösung	$k = 0,0691$ ...	4,50°
	$k = 0,0776$ ...	23,44
Glycerin	$k = 0,0402$ ...	6,23°
	$k = 0,0433$ ...	25,20

Schließlich stellte Weber noch eine Versuchsweise über die Wärmeleitungsfähigkeit des Quecksilbers nach dem vorher angedeuteten Verfahren an. Es ergab sich dabei

für 4,53° C. ... $k = 0,9094$
„ 17,0° C. ... $k = 0,9720$.

Beide Resultate lassen sich durch die Formel

$$k = 0,8872\,(1 + 0,0056\,.\,t)$$

darstellen, wo t die Temperatur bedeutet. Für $t = 50°$ giebt diese Formel $k = 1,13$, einen Werth, der bis auf wenige Procent mit dem vor 17 Jahren von Angström auf anderem Wege gewonnenen übereinstimmt.[1]

Das für nicht metallische durchsichtige Flüssigkeiten gewonnene Resultat legt es nahe, den Werth η auch für Queck-

1) Poggendorffs Annalen, Bd. 123, S. 468 (1864).

silber zu berechnen. Dabei ergiebt sich aber $\eta = 2{,}00$, ein Werth, der etwa 30mal größer ist als der für nichtmetallische, durchsichtige Flüssigkeiten gefundene.

Weber glaubt, daß dieses Resultat zu der Annahme drängt, daß der Vorgang bei der Wärmeleitung in metallischen Flüssigkeiten von wesentlich andern Umständen abhängt als in nicht metallischen. Während in den letzteren die Wärmeleitung in einer einfachen Uebertragung der lebendigen Kraft der bewegten ponderabeln Molekeln von Schicht zu Schicht zu bestehen scheint, ist zu vermuthen, daß in der Wärmeleitung innerhalb der metallischen Substanzen die von Schicht zu Schicht stattfindende innere Strahlung das wesentliche Moment ist, während die zwischen zwei Nachbarschichten stattfindende Uebertragung der lebendigen Kraft nur eine secundäre Bedeutung hat.

Damit fällt aber, so bemerkt Weber weiter, ein ganz neues Licht auf die bisher constatirte, jedoch vollkommen unbegriffene Analogie zwischen dem Wärmeleitungsvermögen und dem elektrischen Leitungsvermögen der Metalle; es eröffnet sich jetzt die Aussicht, daß der parallele Verlauf beider Leitungsvermögen einer Erklärung zugänglich gemacht wird. Freilich ist vorher festzustellen, wie weit dieser Parallelismus geht, denn schon jetzt läßt sich erkennen, daß derselbe kein vollkommener ist, da das elektrische Leitungsvermögen des Quecksilbers mit steigender Temperatur t abnimmt nach der Formel

$$k = k_0 \, (1 - 0{,}00072 \, . \, t),$$

während das Wärmeleitungsvermögen nach der früher gegebenen Formel zunimmt.

Diese Formel widerspricht allerdings den Ergebnissen einer Untersuchung von Herwig über „das Wärmeleitungsvermögen des Quecksilbers unabhängig von der Temperatur“,[1]) die ebenfalls mit Rücksicht auf den erwähnten Parallelismus unternommen wurde. Weber sucht nun zu zeigen, daß Herwig das Endresultat aus seinen Versuchen falsch abgeleitet hat und sich bei richtiger Rechnung ebenfalls die obige Formel ergiebt.[2])

1) Poggendorffs Annalen, Bd. 151, S. 177 (1874).

2) In einem besondern Abschnitt seiner Arbeit sucht Weber die Widersprüche derselben mit den von Lundquist, Winkelmann und Beetz

Das Gesetz der correspondirenden Siedetemperaturen.

Dalton hat sich am Anfange dieses Jahrhunderts vielfach bemüht, eine Beziehung zwischen den Temperaturen aufzufinden, welche bei verschiedenen Substanzen gleichen Maximalspannungen der Dämpfe entsprechen, ohne daß ihm dies gelungen wäre. Durch die Wahrnehmungen, die er an einigen Stoffen machte, gelangte er zu der Vorstellung, daß die gesättigten Dämpfe der verschiedenen Flüssigkeiten bei gleichen Temperaturentfernungen vom Siedepunkte gleiche Spannung besitzen. Obwohl aber Dalton selbst die Zulässigkeit dieses Satzes später wieder in Zweifel gezogen hat, so ist derselbe doch mehrfach unter dem Namen eines Dalton'schen Gesetzes in die Lehrbücher übergegangen. Es hat nun vor einigen Jahren Ulrich Dühring ein Gesetz aufgefunden, welches den von Dalton vergeblich gesuchten Zusammenhang darstellt, und sein Vater E. Dühring hat dasselbe in einer von ihm herausgegebenen Schrift 1) veröffentlicht. Er giebt diesem Gesetz den Ausdruck:

Von den Siedepunkten beliebiger Substanzen, wie sie für irgend einen für alle gemeinsamen Druck als Ausgangspunkt gegeben sein mögen, sind bis zu den Siedepunkten für irgend einen andern gemeinsamen Druck die Temperaturabstände sich gleichbleibende Vielfache voneinander.

Sind also t_p und $t_{p'}$ die Siedepunkte einer Flüssigkeit bei den beiden Drücken p und p', und sind ferner t'_p und $t'_{p'}$ die Siedepunkte einer andern Flüssigkeit für dieselben Drücke, so besteht zwischen den beiden Differenzen

$$t'_{p'} - t'_p \text{ und } t_{p'} - t_p$$

ein constantes Verhältniß, welches sich durch das zweier Zahlen q' und q darstellen läßt, welche Dühring die „specifischen Factoren" der beiden Flüssigkeiten nennt.

---

gewonnenen Resultaten zu lösen. Winkelmann entgegnete darauf in Wiedemann's Ann. Bd. X, S. 668, und auf eine Gegenbemerkung Webers (das. XI, S. 352) wiederum das. XI, S. 735.

1) E. Dühring, Neue Grundgesetze zur rationellen Physik und Chemie. Leipzig 1878. Vgl. Cap. III dieses Buches.

Da nach Dalton's Vermuthung beide Differenzen einander gleich, nach dem Dühring'schen Gesetze aber proportional sind, so umfaßt letzteres das erste als einen speciellen Fall, der nur für gewisse Flüssigkeiten gilt (nach Dühring nur für Aether, verglichen mit Wasser).

Bei dem Druck von einer Atmosphäre (760 Millimeter Quecksilbersäule) siedet das Wasser bei 100° C., das Quecksilber bei 357°;

bei 100 Millim. Druck siedet Wasser bei 52°, Quecksilber bei 261°.

Die Temperaturdifferenzen sind also beim Wasser 100 — 52 = 48, beim Quecksilber aber 357 — 261 = 96. Setzt man nun weiter den specifischen Factor für Wasser = 1, für Quecksilber = q, so ist

$$\frac{96}{48} = q, \text{ d. i. } q = 2,$$

und daher allgemein für Quecksilber

$$t'_{p'} - t'_p = 2\,(t_{p'} - t_p),$$

wo die t links die Siedetemperaturen des Quecksilbers, die t rechts aber diejenigen des Wassers für beliebige Drücke p und p′ sind.

Setzt man $t_p = 0$, so daß also p die Spannung des Wasserdampfes bei 0° bedeutet, so giebt uns obige Formel

$$t'_{p'} = t'_p + 2\,t_{p'}.$$

Hier ist t'_p der Siedepunkt des Quecksilbers bei einem Drucke gleich der Spannung des Wasserdampfes bei 0°. Mit etwas anderer Beziehung ist allgemein

$$t' = r + qt,$$

wobei t und t′ die Siedetemperaturen des Wassers und einer andern Flüssigkeit bei einem und demselben, aber beliebigen Drucke, r die Siedetemperatur der Flüssigkeit unter dem Drucke, bei dem das Wasser bei 0° siedet, endlich q den specifischen Factor der Flüssigkeit bedeuten.

Dühring hat aus dem von Regnault gewonnenen Beobachtungsmaterial die Werthe von q, den für Wasser = 1

gesetzt, für einige vierzig Substanzen berechnet und die, wenigstens ziemlich angenäherte, Uebereinstimmung seines Gesetzes mit der Erfahrung darzulegen versucht.

Dasselbe Gesetz ist auch später von P. de Mondesir, und zwar ebenfalls auf Grund der Regnault'schen Beobachtungen aufgestellt worden.[1])

Dagegen ist die Richtigkeit desselben in Zweifel gezogen worden von A. Winkelmann in einer Arbeit,[2]) welche den Zweck hat, eine Beziehung nachzuweisen, welche zwischen Druck, Temperatur und Dichte der gesättigten Dämpfe vorhanden zu sein scheint." Winkelmann stellt diesen Zusammenhang durch die Formel dar,

$$t_n = (a + b)\, n^{\frac{d_n}{d} \cdot A} - a,$$

in welcher

t_n die Temperatur des gesättigten Dampfes unter dem Drucke von n Atmosphären,

d_n die Dichte des gesättigten Dampfes bei gleichem Drucke, bezogen auf Luft unter den gleichen Verhältnissen als Einheit,

d die constante Dichte des Dampfes in ungesättigtem Zustande, wie sie sich aus dem Molekulargewicht ergiebt, ebenfalls bezogen auf Luft als Einheit,

A eine constante, für alle Dämpfe gleiche Größe,

a und b zwei von der Natur des Dampfes abhängige Größen bedeuten.

Die beiden letzten Größen haben eine einfache Bedeutung: für $n = 1$ giebt nämlich die Formel $t_1 = b$ und für $n = 0$ wird $t_0 = -a$; es ist also b die Temperatur, bei welcher der Dampf die Spannung von einer Atmosphäre besitzt, und bei der Temperatur $-a$ beginnt die Flüssigkeit zu verdampfen.

Winkelmann findet $A = 0{,}13507$, und ferner ist

für Wasserdampf . . . $a = b = 100$, ... $d = 0{,}6225$,
„ Aether . . . . . . $a = 166{,}14$, $b = 34{,}96$, $d = 2{,}652$,

1) Comptes rendus XC, p. 360.
2) Wiedemann's Annalen Bd. IX, S. 208, 358.

für Aceton . . . . . . a = 150,89, b = 56,32, d = 2,008,
„ Chloroform . . . . a = 170,22, b = 60,18, d = 4,138,
„ Chlorkohlenstoff . . a = 153,45, b = 76,52, d = 5,332,
„ Schwefelkohlenstoff a = 168,03, b = 46,25, d = 2,631.

Da beide Gesetze, das von Dühring und das von Winkelmann aufgestellte, nicht gleichzeitig bestehen können, so sucht Winkelmann nachzuweisen, daß das erstere der Wahrheit nicht entspricht, und nur als eine gewisse Annäherung betrachtet werden kann, die in niederen Drücken zur Geltung kommt, während sich bei höheren Drücken, wie am Aether und Schwefelkohlenstoff näher nachgewiesen wird, ganz beträchtliche Abweichungen herausstellen. Dühring dagegen glaubt, daß diese Abweichungen auf Rechnung der Beobachtungsfehler zu setzen seien.[1])

Praktische Verwendung der Sonnenwärme.

Schon früher ist in diesem Jahrbuche (XII, S. 199) der Arbeiten von A. Mouchot, Professor am Lyceum zu Tours gedacht worden, der seit einer Reihe von Jahren daran arbeitet, die Sonnenwärme durch Sammelspiegel derart zu concentriren, daß sie für Zwecke des praktischen Lebens, zum Erhitzen und Verdampfen von Wasser für häusliche Zwecke sowie zum Betrieb kleiner Motoren, nutzbar wird. Nach neueren Mittheilungen an die Pariser Akademie scheint derselbe dem angestrebten Ziele beträchtlich näher gekommen zu sein.

Mit Spiegeln von 80 Centim. Durchmesser können Operationen ausgeführt werden, die nicht mehr als 400 bis 500° Wärme erfordern: Schmelzung und Calcinirung von Alaun, Herstellung von Benzoësäure, Reinigung von Leinöl, Concentration von Syrup, Verkohlung von Holz in geschlossenen Gefäßen u. a. ist mit gutem Erfolg versucht worden; kleinere Apparate können zur Destillation von Essenzen, zur Heizung von Papin'schen Töpfen ꝛc. dienen.

Am 18. November 1879 stellte Mouchot Versuche mit einem großen Heizspiegel an, der 3,8 Meter Durchmesser besitzt und so kräftig gebaut ist, daß er den heftigsten Windstößen

1) Ueber die Polemik zwischen Dühring und Winkelmann vergl. Wiedemann's Annalen Bd. IX, S. 391; Bd. XI, S. 163, 534.

widersteht. Der zugehörige Dampfkessel von 5 Millim. Dicke ist so eingerichtet, daß das Wasser immer vollständig die von den Sonnenstrahlen erhitzte Fläche bedeckt. Bei den erwähnten Versuchen wurden in Zeit von 80 Minuten 35 Liter kaltes Wasser zum Sieden gebracht, und 1½ Stunde später betrug die Dampfspannung 8 Atmosphären. Bei directer Destillation lieferte der Apparat, selbst zur Zeit des Wintersolstitiums, stündlich 5100 Liter Dampf von normalem Druck, und am 24. December wurden in Zeit von 85 Minuten 25 Liter Wein destillirt, welche 4 Liter Branntwein lieferten.

Seit Anfang des Jahres 1880 wurde der Mouchot'sche Apparat zum Betriebe einer horizontalen Dampfmaschine (ohne Expansion und Condensation) verwendet, welche bei einem Dampfdruck von 3½ Atmosphären 120 Umgänge in der Minute machte. Am 18. März wurde mittels eines Elevators ein Quantum von 6 Liter Wasser in der Minute 3½ Meter hoch gehoben und ein Wasserstrahl auf eine Entfernung von 12 Meter geworfen. Diese Leistung wurde beständig von früh 8 bis Nachmittags 4 Uhr erhalten; heftige Winde und vorüberziehende Wolken störten sie nicht.

Versuche, welche Mouchot im Sommer 1877 im Süden von Algerien anstellte, führten, verglichen mit den gleichzeitig an demselben Orte ausgeführten aktinometrischen Messungen von Violle, zu dem Ergebnisse, daß höchstens 50 Procent der Sonnenwärme, die auf den Spiegel trifft, in dem Mouchot-schen Apparate nutzbar gemacht werden können. Neuerdings hat indessen ein Pariser Ingenieur, Abel Pifre, mit dem sich Mouchot verbunden hat, den Apparat soweit verbessert, daß ein Nutzeffect von 80 Procent erhalten wird, wie aus den Messungen hervorgeht, die Marié Davy in Montsouris ausgeführt hat. Diese Erhöhung der Wirkung rührt theils von der veränderten Form des Spiegels, theils von der verbesserten Anordnung des Kessels her.

Mouchot gab seinen Spiegeln die Form eines Kegels mit 45° Neigung der Seite gegen die Achse. Pifre's Spiegel aber ist aus drei abgestumpften Kegeln von verschiedener Neigung zusammengesetzt, die längs zweier Parallelkreise zusammenstoßen, so daß das Ganze sich der Form eines Paraboloides anschließt. Der Spiegel besteht aus Kupfer und ist

innen mit Silber plattirt. Der zu heizende Wasserbehälter ist in der Achse des Spiegels aufgestellt, außen geschwärzt und durch geeignete Umgebung mit Glas vor Wärmeverlusten geschützt. Bei der älteren Anordnung war der Kessel höher und man mußte zur Verringerung seiner Capacität einen massiven Kern im Innern anbringen; Pifre hat dagegen die Länge des Kessels vermehrt und seinen Durchmesser vermindert. Damit der Spiegel seine Stellung gegen die Sonne beständig beibehält, ist er parallaktisch montirt, d. h. nach denselben Grundsätzen wie ein Aequatorial beweglich aufgestellt (s. vorher S. 55) und wird durch einen Mechanismus mit der Sonne bewegt.

Der neue Receptor Pifre's hat eine Auffangfläche von 9 Quadratmeter, der zugehörige Kessel faßt 50 Liter Wasser. Durch Versuche ist festgestellt, daß bei heiterem Himmel in 50 Minuten das Sieden eintritt, und in jedesmal 7 bis 8 Minuten steigt von da an die Dampfspannung um eine Atmosphäre. Mit dem Apparate ist eine eigens construirte Dampfmaschine verbunden, die eine rotirende Pumpe treibt. Letztere hebt jede Minute 100 Liter Wasser 3 Meter hoch. Doch darf angesichts dieser wesentlich vervollkommneten Leistungen nicht unerwähnt bleiben, daß der Bewegungsmechanismus, wenn er ebenfalls durch die Sonnenwärme in Gang gesetzt werden soll, den größten Theil der Kraft verbraucht. Um auch diese Arbeit verrichten zu können und außerdem eine Nutzleistung von einer Pferdestärke zu geben, müßten die Dimensionen des Spiegels noch bedeutend vergrößert werden, so daß derselbe eine Auffangfläche von 20 Quadratmetern der Sonne darböte. Die Herstellung eines derartigen Reflectors ist in Aussicht gestellt.

Fleischers Hydromotor.

Am Schlusse dieses Abschnittes gedenken wir noch einer interessanten praktischen Verwendung der Wärme oder bestimmter gesprochen der Dampfkraft, die, wenn anders die anfänglichen günstigen Erfahrungen sich auch fernerhin bestätigen sollten, für die Schifffahrt von großer Wichtigkeit ist. Wir meinen den von Dr. Emil Fleischer in Dresden

erfundenen Hydromotor, einen Apparat, der es ermöglicht ein Schiff ohne eine Dampfmaschine im gewöhnlichen Sinne, wie auch ohne Schaufelrad oder Schraube fortzubewegen und zu steuern.

Das Mittel, dessen sich Fleischer zur Fortbewegung seines Hydromotorschiffes bedient, ist die Reaction des Wassers, d. h. der Druck, den der aus einer Oeffnung austretende Wasserstrahl auf die Wand ausübt, die dieser Oeffnung gegenüberliegt. Es ist bekannt, wie diese Kraft bei dem Segnerschen Wasserrade und bei den andern horizontalen Wasserrädern zur Verwendung kommt. Ebenso ist der Gedanke, diese Kraft zur Fortbewegung von Fahrzeugen zu benutzen, nicht neu, und bereits 1681 soll in England ein gewisser Togood ein Patent auf dieses Verfahren genommen haben. Auch Daniel Bernoulli hat in seiner 1738 in Straßburg erschienenen „Hydrodynamik“ den Vorschlag gemacht, Wasser am Hintertheil des Schiffes unterm Wasserspiegel ausströmen und das Schiff so nach Art einer Rakete vorwärts treiben zu lassen; um die Zeit, als Bernoulli in St. Petersburg an seinem Werke arbeitete, soll ferner in England ein gewisser Dr. Allen auf das gleiche Triebmittel für Schiffe sowie auch auf ein Verfahren, das Wasser durch eine Feuermaschine zu heben, ein Patent genommen haben (1729). Bernoulli hat dann später (1753) wieder, in einer von der Pariser Akademie gekrönten Preisschrift, über den besten Propeller für Schiffe ohne Benutzung des Windes seines früheren Vorschlages Erwähnung gethan; doch gab er damals einer Art Schraube den Vorzug. Ebenso gedenkt auch der Göttinger Professor Albert Euler in einer in den Memoiren der Berliner Akademie vom Jahre 1764 veröffentlichten Abhandlung über die Bewegung von Schiffen ohne Segel nnd Ruder der Reaction des Wassers bei seinem Ausflusse aus Röhren.

Erst in Verbindung mit der Dampfmaschine fand dieser Gedanke seine Verwirklichung, und der Amerikaner Rumsey ist als derjenige zu nennen, der zuerst, im December 1787, ein Reactionsdampfboot zustande brachte.[1]) Im Frühjahr 1788

1) Vgl. die mit literarischen Nachweisen versehene Darstellung in Rühlmann's Allgem. Maschinenlehre IV, S. 81 u. 171.

entstand auch zur Unterstützung des Unternehmens eine Gesellschaft mit dem berühmten Benjamin Franklin an der Spitze; Rumsey selbst aber ging, um seine Erfindung besser auszubeuten, nach England, wo er 1793 in London starb. Der von ihm erbaute Reactionspropeller soll auf der Themse gegen Wind und Fluth mit einer Geschwindigkeit von 5 Knoten gefahren sein. Wir sehen überhaupt, wie in den ersten Zeiten der Dampfschifffahrt die verschiedenen Hilfsmittel, die seitdem zur Bewegung der Schiffe in Anwendung gekommen sind, Ruderrad, Schraube und Reaction des Wassers, alle versucht werden, und auch der kaum lebensfähige Vorschlag, das Schiff in flachem Wasser durch Staken fortzuschieben, die durch Dampf bewegt werden, ist dem schon erwähnten Rumsey 1790 in England patentirt worden. Zunächst trug aber das Ruderrad über die übrigen Propeller den Sieg davon, und erst 1839 wurde das Princip der Reaction wieder mit Erfolg in Anwendung gebracht. Die englischen Patentspecificationen weisen allerdings bis zu dieser Zeit gegen 60 Vorschläge zur „Bewegung von Schiffen durch den Ausfluß von Wasser" auf, aber keiner derselben ist zur Ausführung gelangt. Auch das Patent, welches sich am 20. März 1839 die beiden Edinburger Mechaniker John Ruthven und sein Sohn Morris West Ruthven auf eine eigenthümliche Anordnung von Pumpen und Reactionsröhren zur Fortbewegung von Schiffen ertheilen ließen, hatte zunächst nur den Erfolg, die Aufmerksamkeit in den Kreisen der Sachverständigen wieder auf dieses ziemlich vergessene Princip zu lenken. Erst ein zweites Patent vom 10. August 1849 gab Veranlassung zur Ausstattung eines kleinen Bootes mit Dampfmaschine und Reactionspropeller, welches Rühlmann im Sommer 1851 erst im Leith und dann auf der Themse bei London fahren sah. Dieses 30 Fuß lange Schiffchen aus Eisenblech trug eine etwa 2½ pferdige Hochdruck-Dampfmaschine, die eine Centrifugalpumpe von 22 Zoll Durchmesser in Gang setzte. Diese sog das Wasser aus einem im Schiffsboden befindlichen Kanal und preßte es in die an den Seiten des Schiffes befindlichen rechtwinklig gebogenen, verstellbaren Ausflußrohre. Im nächsten Jahre wurde dann mit Beihilfe einer Gesellschaft, an deren Spitze der Herzog von Buccleuch stand, ein größeres derartiges Schiff

mit einer 30pferdigen Dampfmaschine, die „Enterprise“ gebaut, das jedoch durch seine geringe Geschwindigkeit (7 1/2 Knoten) und verschiedene andere Umstände das System vorerst in England in Mißcredit brachte.

Bald nachher unternahm der Schiffsbaumeister Seydell in Stettin mit Unterstützung des Preußischen Handelsministeriums den Bau eines eisernen Reactionsdampfers, des „Albert,“ welcher 1855 vom Stapel gelassen wurde und mehrere Jahre hindurch regelmäßige Fahrten zwischen Stettin und Schwedt machte. Die nicht ungünstigen Erfolge dieses Schiffes veranlaßten die Maschinenfabrik von Cockerill in Seraing ein nach dem gleichen System gebautes Schiff im Juli 1866 für den Personenverkehr auf der Maas zwischen Seraing und Lüttich in Dienst zu stellen, und dieselbe Fabrik sandte auch 1867 eine mit Reactionspropeller ausgestattete Dampfbarkasse auf die Pariser Weltausstellung.

Das erste dieser Serainger Schiffe wurde Veranlassung, daß die englische Admiralität das eiserne Panzer-Dampfkanonenboot „Waterwitch“ mit Reactionspropeller ausstatten ließ. Dasselbe hatte eine Maschine von nominell 120 Pferdestärken und eine Centrifugalpumpe von 14 1/2 Fuß Durchmesser. Obwohl die ersten Versuche mit diesem Schiffe sehr befriedigend ausfielen, traten die Leistungen desselben doch bei vergleichenden Versuchen im August 1867 mit den beiden an Größe, Bauart und Stärke der Maschinen ganz mit der Waterwitch übereinstimmenden Kanonenbooten „Viper“ und „Vixen“, die mit Doppelschrauben ausgestattet waren, bedeutend zurück, nicht nur bezüglich der Fahrgeschwindigkeit, sondern auch mit Rücksicht auf die zum Wenden erforderliche Zeit. Während man immer die leichte Lenkbarkeit — durch veränderte Stellung der Ausflußröhren — als einen besonderen Vorzug des Reactionspropellersystemes rühmt, brauchte die „Waterwitch“ 6 1/2 Min. zum Umdrehen, während die andern Schiffe nur 3 1/4 Min. dazu nöthig hatten. Trotzdem gingen damals die Urtheile der bei dieser Probefahrt anwesenden Sachverständigen bezüglich der Brauchbarkeit des Systems auseinander.

Von diesen älteren Reactionsmaschinen unterscheidet sich nun Fleischer's Hydromotor wesentlich durch die Art und Weise, wie der Dampf wirkt, und dieser Umstand ist es, welcher seine

Erwähnung gerade an dieser Stelle rechtfertigt. Bei demselben ist nämlich keine gewöhnliche Dampfmaschine thätig, die eine Pumpe treibt, sondern Fleischer läßt den Dampf direct auf das Wasser wirken. Zuerst nämlich wird der Dampf zur Erzeugung eines luftleeren Raumes benutzt, in welchen das Wasser eindringt; wenn aber dies geschehen ist, so wirkt der Druck des neu einströmenden Dampfes auf das Wasser und treibt dasselbe in die Ausflußröhren. Man sieht, daß hier dasselbe Princip zur Geltung kommt, welches der alten Savary'schen Wasserhebemaschine, der Vorläuferin unserer Kolbendampfmaschinen, zu Grunde liegt. Was nun die Anordnung der Fleischer'schen Maschine anlangt, so dienen als arbeitende Theile ein oder mehrere Paare cylindrischer Körper, in deren oberen Theilen sich Zuflußröhren für den Dampf befinden, während am untern Theile Abflußröhren für Wasser und für Dampf angebracht sind. Nehmen wir nun an, ein solcher Cylinder sei mit Wasser gefüllt, das Dampfzuflußrohr und das Wasserabflußrohr seien geöffnet, das Dampfabflußrohr sei geschlossen. Strömt jetzt Dampf ein, so wird das Wasser durch Dampf aus dem Cylinder getrieben und in die Ausflußröhren gepreßt, die entweder hinten oder vorn in der Längsachse des Schiffes, oder auch, wie bei den älteren Reactionsdampfern, an den Seiten des Schiffes liegen. Hat nun der Dampf das Wasser aus dem Cylinder getrieben, so schließen sich die Ventile am Dampfzufluß- und am Wasserabflußrohr und dagegen öffnen sich das Dampfauslaßventil und das Saugventil für den Wasserzufluß. Durch das erstere entweicht der Dampf in den am Fuße des Cylinders angebrachten Condensator, durch das zweite tritt neues Wasser in den leeren Raum, der im Cylinder erzeugt worden ist, bis sich, wenn der Cylinder gefüllt ist, die beiden jetzt offenen Ventile schließen und dagegen die andern öffnen, worauf das Spiel von neuem beginnt. Das Oeffnen und Schließen der Ventile wird durch Schwimmer in Verbindung mit einer einfachen Dampfsteuerung regulirt. Jeder Cylinder arbeitet dabei für sich, und es kann ein beliebiger Grad der Expansion des Dampfes benutzt werden. Der Condensator ist mit einer Luftpumpe verbunden, und das Condensationswasser wird, wie bei anderen Dampfschiffen, zur Speisung der Kessel benutzt.

Die Aufstellung der Cylinder kann an einem beliebigen Orte erfolgen; für die Ausnutzung des Vacuums und die Anwendung möglichst starker Expansion des Dampfes ist es aber am angemessensten, dieselben etwa 2 bis 3 Meter oberhalb des Wassers aufzustellen. Noch sind besondere Maßregeln zu treffen, um das Schwanken des Wassers in den Cylindern bei Seegang möglichst abzuschwächen: die Durchmesser der Cylinder werden nicht zu groß genommen, letztere selbst werden durch Scheidewände in mehrere Abtheilungen getrennt, auf die Wasserfläche wird eine etwa 1 bis 2 Centim. dicke Oelschicht und darauf ein flacher Schwimmer gebracht. Diese Oelschicht dient zugleich zum Einfetten der Wände des Cylinders, damit sie nicht vom Wasser feucht werden und nicht condensirend auf den Dampf wirken; zu letzterem Zwecke sind sie auch mit Holz ausgekleidet.

Das Hydromotorschiff, welches nach diesem System auf der Werft von Georg Howaldt bei Kiel gebaut worden ist, hat 105 Tons Deplacement, die Fläche des eingetauchten Hauptspants beträgt 5,66 Quadratmeter; es ist mit einer Maschine von 100 indicirten Pferdestärken ausgestattet, die stündlich 116 Kilogramm Kohlen verbraucht. Der Querschnitt einer Ausflußöffnung ist 0,0265 Quadratmeter, das Wasser hat beim Austritt eine Geschwindigkeit von 20,1 Meter, seine Nutzleistung ist daher gleich 89 Pferdestärken, und der Kraftverlust bei Erzeugung des Wasserstrahles beträgt nur 11 Procent.[1])

Als der Herzog von Edinburg Mitte Juli d. J. mit der englischen Flotte nach Kiel kam, hielt es der dortige englische Consul für angezeigt, denselben auf das Fleischer'sche Hydromotorschiff aufmerksam zu machen, und in Folge dessen erhielten der Capitän Henneage vom Flaggenschiff „Hercules", sowie die Oberingenieure von „Hercules", „Valiant" und „Penelope" Befehl, sich eingehend mit diesem Schiff bekannt zu machen. Demgemäß unternahmen die Genannten in Begleitung zweier Oberingenieure der deutschen Marine am 16. Juli

1) Fleischer, „die Physik des Hydromotors" (Kiel 1881), eine Zusammenstellung der Resultate von Versuchen und Rechnungen; vergleiche auch dessen Schrift „der Hydromotor" (Kiel 1882).

eine dreistündige Fahrt auf dem Hydromotorschiff, die sehr zufriedenstellende Resultate lieferte. Die Sachverständigen sprachen ihre größte Befriedigung nicht bloß über die Einfachheit des Apparates und die Zuverlässigkeit seines Functionirens aus, sondern bezeichneten auch die Erfindung darum als eine epochemachende, weil das Fleischer'sche System mit der äußersten constructiven Einfachheit auch die größten nautischen Vortheile verknüpft und damit die Sicherheit zur See ganz außerordentlich vermehrt. Es seien hier nur erwähnt die überraschende Leichtigkeit, den Gang des Schiffes von der Commandobrücke aus durch ein einfaches Umstellen der daselbst befindlichen Hebel zu ändern oder das Schiff ganz zum Stillstande zu bringen; ferner die Möglichkeit, sehr große Wassermassen, die durch ein Leck in den Schiffsraum eindringen, durch den Hydromotor selbst wieder zu beseitigen, ohne dabei die Fahrt eine Unterbrechung erleiden zu lassen, oder in Feuersgefahr schleunigste Hülfe zu schaffen; endlich noch die Fähigkeit, das Schiff jederzeit durch hydraulische Kraft zu steuern, auch in Fällen, wo, wie bei schwerem Sturm, das Ruder versagt. Auf der Probefahrt, bei der das Hydromotorschiff angesichts der englischen und deutschen Flotte manövrirte, nahmen die Ingenieure wiederholt mit dem am Apparat angebrachten Indicator Diagramme der geleisteten Dampfarbeit ab. Dabei äußerten sie ihr Erstaunen über den durch dieselben nachgewiesenen geringen Dampf-, also auch geringen Kohlenverbrauch des Hydromotors. Letzterer Umstand befähigt denselben, auch bezüglich des Brennmaterials mit unseren besten Schiffsmaschinen zu concurriren. Hierin liegt einer der wesentlichsten Vortheile des Hydromotors gegenüber den früheren Reactionsmaschinen. Die mit dem Hydromotor erzielte Fahrgeschwindigkeit von 9 Knoten ward in Ansehung des geringen Kohlenverbrauchs als eine völlig befriedigende bezeichnet. Als selbstverständlich erkannten es die Ingenieure, daß das System sich für jede Fahrgeschwindigkeit eignet und daß für dieselbe nur die Größe der Gesammtanlage bestimmend ist. Vergleicht man aber die Leistung des Hydromotors mit den früheren Reactionsmaschinen, so genügt es, die Thatsache anzuführen, daß, während beim Hydromotor fast 90 Procent der indicirten Dampfkraft auf die Erzeugung des ausfließenden Wasserstrahls fallen, bei den früheren Reac-

tionsschiffen in Folge der Uebertragungen von Dampfmaschinen und Pumpen kaum 30 Procent der Dampfkraft dazu nutzbar gemacht werden konnten.

Elektricität und Magnetismus.

Erregung der Elektricität.

Aus der letzten Zeit sind wieder verschiedene Neuerungen in der Construction galvanischer Elemente zu verzeichnen, die dem Streben entstammen, einen größeren Nutzeffect zu erhalten. Die bemerkenswerthesten sind folgende.

Niaudet's Element[1]) ist ein Zink-Kohle-Element, In einem viereckigen Glasgefäß mit rundem Halse steht ein Zinkcylinder, welcher sehr eng, nur durch vier verticale Holzstäbchen von ihr getrennt, die poröse Zelle von Thon oder Pergamentpapier umhüllt, in welcher sich eine Kohlenplatte befindet. Das Ganze wird durch zwei um das Zink gewickelte Bindfaden zusammengehalten. Die Kohlenplatte ist in Kohlenstückchen eingebettet und von Chlorkalk umgeben. Das Zink befindet sich in einer Kochsalzlösung, welche 24 Theile Salz auf 100 Theile Wasser enthält, ein Verhältniß, das den Vortheil der größten Leitungsfähigkeit darbietet. Das Glasgefäß ist durch einen mit Wachs überzogenen Deckel geschlossen, durch welchen die Kohle hindurchgeht.

Die elektromotorische Kraft wurde anfangs 1,6 von der des Daniell'schen Elementes, und nach mehreren Monaten ununterbrochener Thätigkeit noch 1,48 gefunden.

Ponci's Element[2]) ist ein Zink-Kohle-Element mit circulirender Flüssigkeit, bestehend aus 200 Gewichtstheilen chromsaurem Kali, 21 Theilen Wasser, und 11 käuflicher Schwefelsäure. Bei längerem Gebrauche sind zu jedem Liter Flüssigkeit noch 3 bis 61 Cubikcentim. Wasser und 100 bis 150 Salzsäure zuzusetzen. Die Anordnung ist derart, daß

1) Comptes rendus LXXXIX, p. 703; Die galvanischen Elemente von Volta bis heute. Nach der Traité élémentaire de la pile électrique par Alfred Niaudet bearbeitet von W. Ph. Hauck. Braunschweig 1881. S. 141.

2) Natura III, p. 402.

rechteckige, an dem einen Ende schnabelförmig gebogene Bleirinnen von 17 Centim. Länge und 6 Centim. Breite in schräger Lage (15 Millim. Steigung) so übereinander gelegt sind, daß immer der Schnabel der oberen Rinne sich über dem breiten Ende der unteren befindet. In jeder solchen Rinne liegt eine amalgamirte Zinkplatte und auf ihr eine von zwei Kautschukringen umgebene und durch sie von der ersteren gut isolirte Kohlenplatte, die unterhalb des Schnabels der oberen Bleirinne durchbohrt ist. Die Bleirinnen tragen Drähte, die Kohlenplatten an ihren oberen Enden Klemmen, durch die sie wechselsweise verbunden werden. Die Circulation der Flüssigkeit wird durch Kautschukheber vermittelt.

Anderson's Patent-Batterie[1]) besteht ebenfalls aus Zink-Kohle-Elementen, deren elektromotorische Kraft zu 2,15 Volts angegeben wird. Die zur Füllung dienende Flüssigkeit enthält Oxalsäure in Verbindung mit einer Chrom oder Chromsäure enthaltenden Mischung. Diese Batterie liefert sehr intensive Ströme, die für Beleuchtungszwecke empfohlen werden.

Auch Maiche's Kette ist eine Zinkkohlenkette. Die zur Verwendung kommende Gasretortenkohle befindet sich in zerkleinertem Zustande und ist durch Tränken mit einer Lösung von 10 Theilen Platinchlorid in 90 Theilen Wasser „platinirt." Die Wasserstoffblasen sollen sich von solcher Kohle leichter als von gewöhnlicher lösen und dadurch die Kette constanter machen. Uebrigens hat die Anordnung des Elementes viel Eigenthümliches.[2])

Element von Emile Reynier.[3]) Als positive Elektrode dient ein Uförmiges Zinkblech, welches in eine Lösung von Aetznatron taucht, während die negative Elektrode aus einem ebenso geformten, in einer Kupfervitriollösung befindlichen Kupferblech gebildet wird. Beiden Flüssigkeiten werden zur Verringerung des Widerstandes passend gewählte Salze zugesetzt. Zur Trennung der Flüssigkeiten dient ein prismatischer Kasten, welcher aus Pergamentpapier ohne Leim und

1) Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre II, S. 350.
2) Monde, L, p. 186; Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre II, S. 377.
3) Elektrotechn. Zeitschrift, November 1880, S. 376; Niaudet-Hauck, Galvan. Elemente, S. 237.

ohne Naht durch einfaches Zusammenfalten hergestellt wird. Je nachdem die Wand mehr oder weniger porös sein soll, werden eine oder mehrere Lagen Pergamentpapier über einander gelegt. Damit die Elektroden mit genügender Oberfläche einander nahe gebracht werden können, wählt man die Form der Gefäße am besten rechteckig. In jedes der Bleche, welche als Elektrode dienen, werden in der Mitte, in geringer Entfernung von einander zwei Einschnitte der Länge nach gemacht; der zwischen ihnen liegende Streifen wird dann herausgebogen und dient als Zuleitung. Diese Einrichtung bietet den Vortheil, daß der Einschnitt einestheils den Durchgang der Elektricität erleichtert und daß anderntheils keine Löthstelle an der Elektrode nöthig ist. Das Kupferblech wird in das Gefäß aus Pergamentpapier eingesetzt, und dieses steht, von dem Zinkblech umgeben, in einem rechteckigen Glaskasten von ungefähr 20 Centim. Höhe.

Die elektromotorische Kraft E eines solchen Elementes beträgt anfangs 1,47 Volt und fällt nach längerem kurzen Schluß auf 1,35; der Widerstand F ist bei 20 Centim. Höhe und 3 Liter Inhalt 0,075 Ohm. Daraus ergiebt sich die Arbeitsleistung L in Secunden — Meter — Kilogr. nach der Formel

$$L = \frac{E^2}{4\,F\,.\,9{,}81}.$$

In nachstehender Tabelle sind die Werthe von E, F und L zusammengestellt:

	E	F	L
Gewöhnliches Bunsen'sches Element von 20 Centim. Höhe	1,80	0,24	0,344
Ruhmkorff'sche Form desselben (20 Centim. hoch)	1,80	0,06	1,378
Daniell'sches Element (große runde Form, 20 Centim. hoch)	1,06	2,80	0,010
W. Thomson's horizontales Elem., Elektroden von 12 Quadrat-Decim. . .	1,06	0,20	0,143
F. Carré's cylindrisches Element von 60 Centim. Höhe.	1,06	0,12	0,238
Reynier's Element wie oben	1,35	0,075	0,619

Das Reynier'sche Element ist hiernach fast zweimal so stark als das gewöhnliche Bunsen'sche. Das Zink desselben ist nicht amalgamirt, es wird aber trotzdem nicht von der alkalischen Lösung angegriffen, wenn das Element offen steht; es bilden sich auch keinerlei losgelöste Niederschläge, und der Zinkverbrauch ist nicht größer als der Stromstärke entspricht.

Reynier hat auch noch ein Verfahren angedeutet, um die verbrauchten Flüssigkeiten mit Hilfe stärkerer Ströme wieder brauchbar zu machen, das niedergeschlagene Kupfer wieder aufzulösen und das gelöste Zink niederzuschlagen. Doch stehen der Verwirklichung desselben noch verschiedene Schwierigkeiten entgegen.

Slater's Element[1]) hat als negative Elektrode Kohle, die in der Außenzelle in doppeltchromsaures Kali taucht, während in der innern Zelle Nickel in verdünnter Schwefelsäure steht. Die heraus krystallisirenden Nickelsalze sind sehr werthvoll.

F. Wöhler[2]) hat ein Element angegeben, das aus zwei Aluminiumcylindern besteht, die, durch eine Thonzelle von einander getrennt, sich in einem Glase befinden, und von denen der eine in sehr verdünnte Salzsäure oder Natronlösung, der andere in concentrirte Salpetersäure taucht.

Uelsmann's Zink-Eisen-Element.[3]) — Vor etwa 40 Jahren sind verschiedene Physiker, zuerst wohl Hawkins und Poggendorff, auf den Gedanken gekommen, das theure Platin des Grove'schen Elementes durch Eisen zu ersetzen, und solche Zink-Eisen-Elemente, die sich durch sehr kräftige galvanische Wirkung auszeichnen, sind seitdem in verschiedener Anordnung benutzt worden. Sie haben aber den Fehler, daß das Eisen, welches in rauchender Salpetersäure steht, bei eintretender Verdünnung der letzteren rasch aufgelöst wird. Diesem Uebelstande begegnet nun Dr. Hermann Uelsmann in Königshütte in Oberschlesien durch Anwendung von Siliciumeisen (Deutsches Reichspatent Nr. 11284). Es ist dies ein

1) Elektrotechn. Zeitschrift, Juli 1881, S. 250; Telegraphic Journal VIII, p. 25.

2) Götting. Nachrichten, 14. Juli 1880, S. 441.

3) Elektrotechn. Zeitschrift, November 1880, S. 399; Niaudet-Hauck, Galvan. Elemente, S. 163.

Roheisen mit einem Siliciumgehalt bis zu etwa 12 Procent oder noch darüber, welches selbst in fein gepulvertem Zustande weder von concentrirter, noch von verdünnter Salpetersäure angegriffen wird, aber in der Fähigkeit, elektrische Ströme zu erregen, dem Platin und der Bunsen'schen Kohle fast gleichsteht.

James Moser[1]) hat eine einfache Maßregel (Deutsches Reichspatent Nr. 1723 vom 22. Februar 1879) angegeben, um in den Meidinger'schen Elementen das Empordringen der unten befindlichen Kupfervitriollösung zu dem oberhalb befestigten Zinkcylinder zu verhüten. Er hängt zu diesem Zwecke einen Zinkstreifen von einigen Centim. Länge mittels eines Bindfadens unterhalb des Zinkcylinders in das Element hinein. Das Kupfer des nach oben diffundirenden Vitriols scheidet sich dann an diesem Streifen ab.

Aufspeicherung der Elektricität. — Bei den vielfachen Versuchen, welche man in neuerer Zeit gemacht hat, die Elektricität praktisch zu verwenden, insbesondere sie zur Beleuchtung, sowie zum Betrieb von Motoren zu benutzen, hat sich die Aufmerksamkeit auch in erhöhtem Maße der Aufgabe zugewandt, zweckmäßige Apparate zur Aufspeicherung der Elektricität herzustellen, etwa so wie das Gasometer bei der Gasbeleuchtung zur Aufspeicherung des Gases oder wie bei hydraulischen Maschinen die Armstrong'schen Accumulatoren verwendet werden.

Das Princip, auf welches sich die Einrichtung derartiger elektrischer Accumulatoren oder secundären Batterien gründet, ist schon im Jahre 1801, ein Jahr nach dem Bekanntwerden der Volta'schen Säule, von dem Franzosen Gautherot aufgefunden worden. Derselbe bemerkte nämlich, daß Platin- und Silberdrähte, die zur elektrolytischen Zersetzung von Wasser, das ein wenig Salz oder Salmiak enthielt, als Elektroden gedient hatten, einen kurzen Strom geben, wenn man sie von der Säule loslöste. Diese unter dem Namen der „Polarisation der Elektroden" bekannte Erscheinung wurde 1803 auch von Ritter in Jena an Golddrähten beobachtet. Ritter ist auch der Erste gewesen, der die Construction von

1) Sitzungsbericht des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen 1879, S. 116.

secundären Batterien, d. h. von Anordnungen, aus denen sich der sogenannte Polarisationsstrom bequem gewinnen läßt, versuchte. Er erhielt mit verschiedenen Metallen, mit Eisen, Silber, Platin, gute Resultate, nur nicht mit Blei. Uebrigens suchte er die eigentliche Quelle des Polarisationsstromes in der Elektricität beiderlei Art, die nach seiner Meinung in den Oberflächen beider Elektroden oder in der Flüssigkeit aufgesogen sein sollte. Die wahre Ursache, die Anhäufung von Sauerstoff und Wasserstoff oder Säure und Basis an der Oberfläche der Elektroden, wodurch deren chemischer Charakter verändert wird, entdeckten erst später Volta und Marianini, sowie der ältere Becquerel. Zur Evidenz gebracht wurde aber die Richtigkeit dieser Erklärungsweise durch die Grove'sche Gasbatterie (1839), bei welcher, ohne daß es vorher eines Stromes bedarf, Platinplatten, die mit Wasserstoff und Sauerstoff bekleidet sind, als Elektromotoren wirken.

Daß Ritter bei seinen Versuchen mit Bleielektroden keine Wirkung erhielt, lag daran, daß er als Flüssigkeit Chloridlösungen verwendete. Durch das sich bildende Bleichlorid, einen schlechten Leiter der Elektricität, wurde der Strom unterbrochen. Dagegen ist es dem französischen Physiker Planté, der sich seit einer längeren Reihe von Jahren ausdauernd mit dieser Aufgabe beschäftigt hat, gelungen, secundäre Bleielemente von großer Wirksamkeit herzustellen. Zwei Umstände sind es, die das Blei zu diesem Zwecke besonders geeignet machen: einmal seine Unlöslichkeit in Schwefelsäure und dann die Fähigkeit, eine sehr sauerstoffreiche Verbindung, das Bleisuperoxyd, zu bilden, die besonders leicht unterm Einflusse des elektrischen Stromes entsteht. Bringt man nun zwei Bleiplatten in verdünnte Schwefelsäure und leitet einen elektrischen Strom durch, so geht der aus dem Wasser abgeschiedene Sauerstoff an die positive Polplatte, greift deren Oberfläche an und verwandelt sie in Superoxyd, der Wasserstoff aber geht an die negative Elektrode. Entfernt man nun die Quelle des ursprünglichen Stromes und verbindet die Bleiplatten leitend, so erhält man einen secundären Strom: das sauerstoffreiche Bleisuperoxyd sucht den Wasserstoff der Schwefelsäure an sich zu reißen und desoxydirt sich, sie wirkt also als positiver Pol; die andere Bleiplatte dagegen, welche sich nunmehr oxydirt, spielt die

Rolle des Zinks und bildet den negativen Pol des secundären Elementes.

Auf diesem zuerst von Sinsteden[1]) eingeschlagenen Wege ist Planté dahin gelangt, eine sehr kräftig wirkende secundäre (oder Polarisations-) Batterie herzustellen, deren Einrichtung bereits früher in diesem Jahrbuche beschrieben worden ist.[2])

Es sind mehrfach Versuche gemacht worden, Planté's Batterie zu verbessern; so hat Henri Sauvage eine secundäre Batterie angegeben,[3]) deren Ströme zwar nicht so kräftig, aber von längerer Dauer sein sollen als die der Planté'schen. Sauvage benutzt als Elektroden poröse Fragmente von Gaskohle; beide Elektroden sollen durch einen dünnen Holzrahmen von einander getrennt gehalten werden. Bei dieser Batterie wirken die in den Poren der Elektroden eingeschlossenen Gase erregend.

D'Arsonval construirt secundäre Elemente,[4]) deren Elektroden eine Zinkplatte und eine mit Bleistaub umgebene Kohlenplatte sind. Die elektromotorische Kraft eines solchen Elementes soll sehr bedeutend, nämlich 2,1 Volt, sein.

Von besonderer Wichtigkeit bei derartigen Verbesserungsversuchen erscheint es, die Capacität der secundären Elemente zu vermehren, und die lange, umständliche Arbeit der Ladung derselben abzukürzen. Beides ist nun dem französischen Ingenieur Faure gelungen,[5]) der sich schon vor Jahren durch eine sinnreiche Verbesserung der Bunsen'schen Kette (vgl. dieses Jahrb. VII, S. 162) bekannt gemacht hat.

Die Capacität hängt von der Dicke der Bleisuperoxydschicht ab, welche auf einer der Elektroden gebildet ist. Faure legt daher auf jede der Bleiplatten, welche die Elektroden bilden,

---

1) Poggendorff's Annalen Bd. 92, S. 655 (1854).

2) Jahrg. X, S. 165; eine genauere Beschreibung nach Planté's „Recherches sur l'Electricité" (1879) giebt die Elektrotechn. Zeitschrift, Februar 1881, S. 56; desgl. Niaudet-Hauck, Galvan. Elemente, S. 230. In der Geschichte der secundären Batterie ist außerdem noch Thomson's Polarisationsbatterie (vgl. dieses Jahrb. II, S. 104) zu erwähnen.

3) Telegraphic Journal VIII, p. 261, 269.

4) Comptes rendus XC, p. 166.

5) Niaudet in L'Electricité, T. I, No. 2 (1. mai 1881) p. 74.

eine Schicht Mennige, bedeckt dieselbe mit einem Stück Filz und befestigt dieses durch Bleinieten an der Platte. Die Platten können spiralförmig gerollt werden; doch wendet man auch andere Formen an, die specielle Vortheile bieten. Läßt man nun einen elektrischen Strom durch das Element hindurchgehen, so wird dasselbe geladen: die Mennige-Schicht an der positiven Elektrode geht in Bleisuperoxyd über, diejenige an der negativen wird zu Blei reducirt. Bei der Entladung des Elementes wird dagegen das Superoxyd desoxydirt und das reducirte Blei oxydirt. Es geht daraus hervor, daß die elektrische Capacität des Secundärelementes von der Dicke der Mennigeschicht abhängt.

Aus sorgfältigen Messungen Faure's ergab sich die elektromotorische Kraft gleich 2,25 Volts. Der Widerstand ist sehr klein, aber abhängig von der Größe der Elektrodenflächen. In dieser Hinsicht bietet nun die seit langer Zeit übliche Spiralform große Vortheile; Faure hat aber auch noch das Glasgefäß durch ein gleiches aus Blei ersetzt, dessen Innenseite zugleich einen Theil der einen Elektrode bildet. Bei einem solchen Elemente von 25 Centim. Höhe und 12 Centim. Breite fand er den Widerstand von 0,006 Ohm.

Niaudet erwähnt, daß er Versuchen beigewohnt, bei denen 22 Elemente der bezeichneten Art nach Spannung verbunden waren und mit Kohlestücken von 20 Millim. Durchmesser ein äußerst intensives Licht gaben. Zum Betriebe eines elektromagnetischen Motors von großen Dimensionen verwendet, lieferte dieselbe Batterie eine äußere Arbeit von 100 Kilogramm-Meter in der Secunde.

Die Wirkung der Faure'schen Batterien ist freilich vielfach übertrieben worden, so von E. Reynier, welcher angiebt, daß ein Faure'sches Element eine 40mal so große Elektricitätsmenge zu fassen vermöge, als ein Planté'sches von gleichem Gewicht. Dem gegenüber hebt E. Hospitalier in dem von ihm herausgegebenen Journal L'Electricité (15. Juni 1881) hervor, daß den Reynier'schen wie auch eigenen Versuchen zufolge diese Zahl auf 2,8 zu reduciren sei.

Niaudet weist noch a. a. O. auf die Wichtigkeit der Faure'schen Erfindung für die verschiedenen Anwendungen der Elektricität hin. Es erscheint ferner nicht mehr nöthig, den

elektrischen Strom von seiner Quelle aus auf weite Strecken durch Drähte zu leiten, die durch ihren Widerstand einen beträchtlichen Theil der Intensität verbrauchen; vielmehr wird man die Elektricität in Zukunft in Gefäßen — eben den Faure'schen Elementen — aufspeichern und kann sie dann ohne Verlust nach einem beliebigen Orte transportiren. Insbesondere glaubt Niaudet, daß das Problem der elektrischen Eisenbahn auf eine wesentlich andere als die von Siemens versuchte Art seine Lösung finden werde. Anstatt die Elektricität durch eine besondere Schiene oder dergl. den Locomotiven zuzuführen, werde man in Zukunft eine gewisse Anzahl Behälter mit Elektricität mitnehmen, welche unterwegs zum Betrieb der Locomotive dienen und auf der nächsten Station durch andere ersetzt werden.

Ebenso sei die Faure'sche Erfindung von Wichtigkeit für die elektrische Beleuchtung, nicht nur wegen der Möglichkeit, die Leitungen in Wegfall zu bringen, sondern besonders auch deshalb, weil man die Dampfmaschinen, welche die Elektricität liefern, nunmehr ununterbrochen und darum ökonomischer arbeiten lassen kann, während sie bisher bei sofortigem Verbrauch des Stromes, nur während der Dauer der Beleuchtung in Thätigkeit blieben.

Theorie der hydroelektrischen Ketten. — Als am Anfang dieses Jahrhunderts Alexander Volta seine bekannten Fundamentalversuche angestellt hatte, stellte er die Behauptung auf, daß durch die bloße Berührung verschiedener Metalle und ebenso durch Berührung eines Metalles mit einer Flüssigkeit ein elektrischer Strom entstehe, und die von ihm begründete Contacttheorie sah in der Berührung heterogener Substanzen eine Quelle der Elektricität. Später, als man bemerkte, daß mit der Stromentwickelung immer chemische Thätigkeit verbunden sei, suchte man in dieser den Ursprung des galvanischen Stromes, und es entwickelte sich die elektrochemische Theorie. Einer der Ersten, der sich zu ihr bekannte, war der Engländer Wollaston; größere Ausbildung erhielt die Theorie aber durch De la Rive (1836) und Schönbein (1844). Ihr huldigten frühzeitig die meisten englischen Physiker, an ihrer Spitze Faraday, der auch die heutzutage übliche Terminologie für die beim Durchgang des

galvanischen Stromes durch eine Flüssigkeit eintretende Zersetzung (Elektrolyse) ausbildete. Dieser Theorie wandten sich auch im Laufe der Zeit die meisten Physiker zu und namentlich wurden die Reihen der Anhänger der Contacttheorie mehr und mehr gelichtet, seitdem das Princip von der Erhaltung der Energie sich in weiteren Kreisen Bahn gebrochen hat. Jetzt giebt es wohl kaum noch einen strengen Anhänger der Contacttheorie, welcher allen Ernstes die bloße Berührung heterogener Körper als Quelle des galvanischen Stromes ansieht; vielmehr hält man bei aller Verschiedenartigkeit der übrigen Meinungen im Ganzen an der Vorstellung fest, daß einer jeden Stromesarbeit ein quantitativ bestimmter chemischer Vorgang entspricht, und daß die bei dem letzteren auftretende Verbindungswärme als Maß für die vorhandene elektromotorische Kraft dienen kann, indem diese Wärme gleich ist dem Product aus Stromstärke und elektromotorischer Kraft. Wenn gleichwohl diese theoretischen Fragen neuerdings wieder aufgenommen worden sind, so hat dies seinen Grund theilweise darin, daß die gegenwärtigen Beobachtungs- und Messungsmethoden eine schärfere Prüfung der theoretischen Ansichten an der Hand der Erfahrung gestatten, als die unvollkommeneren älteren.

Vor allem sind hier eine Reihe von Arbeiten zu nennen, die Prof. Franz Exner in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie veröffentlicht hat. In einer Untersuchung über die Natur der galvanischen Polarisation [1]) hat derselbe den Nachweis zu liefern versucht, daß die Entstehungsursache dieses Stromes nicht, wie man bisher allgemein angenommen hat, in dem Contacte der Electroden mit den daran ausgeschiedenen Jonen zu suchen sei, sondern in der Wiedervereinigung der letzteren, wobei die elektromotorische Kraft irgend eines Hydroelementes durch den Wärmewerth der in demselben sich abspielenden chemischen Processe gemessen wird. Mit einer sogenannten Contactwirkung hat also die Entstehung des Polarisationsstromes und, wie Exner weiter schließt, auch die Entstehung jedes andern Stromes gar nichts zu thun.

In einer Abhandlung über die Ursache der Elektricitätserregung beim Contact heterogener Metalle [2]) hat er dann

1) Wiener Ber., Juli 1878; Wiedemann's Ann. VI, S. 353.
2) Dieselben, Juli 1879; Wiedem. Ann. IX, S. 591.

weitere Beobachtungen zur Stütze seiner Ansicht mitgetheilt. De la Rive hat schon in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts die Ansicht ausgesprochen, daß die beim Contact heterogener Metalle auftretende elektrische Spannung ihren Ursprung in der Oxydation der Metalle habe, und es ist demselben auch gelungen, durch Versuche im luftleeren Raume und in indifferenten Gasen nachzuweisen, daß eine Berührung heterogener Metalle ohne elektrische Spannung stattfinden kann. Exners Versuche wurden in etwas anderer Weise angestellt; einestheils nämlich suchte er den Zusammenhang zwischen der Spannung beim Contact verschiedener Metalle mit den Verbrennungswärmen derselben darzuthun, und anderntheils zeigte er, daß zwei Stücke eines und desselben Metalles Elektricität liefern, sobald sie sich in Atmosphären befinden, die in verschiedener Weise chemisch wirken. Den letzteren Nachweis führte er mit zwei Condensatorplatten, auf deren eine Chlor wirkte, während sich die andere in Luft befand. Eine kurze cylindrische Glasröhre wurde an dem einen Ende luftdicht mit der einen Platte verschlossen, doch so, daß diese nirgends das Glas berührte, was durch Aufkitten mit Paraffin erreicht wurde. Das untere Ende der Röhre, die vertical stand, wurde durch einen Stöpsel luftdicht verschlossen, durch den zwei Glasröhren zum Ein- und Ausleiten von Gas führten und außerdem noch ein mit Paraffin allseitig isolirter Platindraht, der sich mit seinem innern Ende federnd gegen die Silberplatte legte. Diese war außen ebenfalls mit Paraffin überzogen und auf sie die zweite Silberplatte von gleichen Dimensionen gesetzt. Wurde dann der Condensator in sich geschlossen so zeigte sich natürlich nicht die geringste Ladung; sobald aber das Innere mit trockenem Chlorglas gefüllt wurde, zeigte der Condensator sogleich eine beträchtliche Spannung an, während sich gleichzeitig auf der Innenseite das Silber schwärzte. Die Spannung dauert aber nur so lange, als die Verbindung des Chlors mit Silber vor sich geht; vertreibt man das Chlor aus dem Gefäß durch trockene Luft, und läßt man dem Silber Zeit, die zurückbleibenden Spuren von Chlor vollständig zu verzehren, so zeigt sich keine Spannung mehr zwischen der reinen und der angegriffenen Platte.

Exner zieht aus allen über die Contactelektricität vor=

liegenden Versuchen den Schluß, daß sich kein auch nur halbweg stichhaltiger Grund gegen die chemische Theorie vorbringen lasse, daß aber sehr gewichtige Gründe für dieselbe und gegen die Contacttheorie sprechen. An Stelle des Volta'schen Erregungsgesetzes möchte er daher den Satz stellen: „Die elektrische Differenz zweier sich berührenden Metalle wird gemessen durch die — mit gehörigem Vorzeichen genommene — Summe der Wärmewerthe der beiderseitigen chemischen Processe", welcher Satz sowohl für jedes galvanische Element, als auch für die galvanische Polarisation und den Volta'schen Fundamentalversuch gilt.

Noch vor dem Abschluß der Exner'schen Versuche ist übrigens Brown[1]) zu einer ähnlichen Ansicht über den Ursprung der sogenannten Contactelektricität gelangt wie Exner. Dagegen wird die Richtigkeit der Theorie des letzteren lebhaft in Zweifel gezogen von Schulze-Berge[2]) und Fromme.[3])

Anderntheils ist man mehrfach geneigt, den Zusammenhang zwischen Wärme und Elektricität noch inniger aufzufassen, als die elektrochemische Theorie es thut. Eine solche thermische Theorie der galvanischen Erscheinungen hat J. L. Hoorweg[4]) aufgestellt. Nach dieser beruht jede Elektricitätsentwickelung auf einer Störung der Wärmebewegung im Berührungspunkte zweier verschiedenartigen Körper. Dies gilt nicht blos von dem galvanischen Strome, sondern auch von der durch Reibung und Druck erregten Elektricität: die Nachbarmolekeln zweier heterogener Körper wirken bei ihrer thermischen Bewegung störend auf einander ein, es geht dabei einige thermische Energie verloren und eine entsprechende Quantität elektrischer Energie kommt zum Vorschein. Durch Reibung wird der Contact nur inniger, die Zahl der Berührungspunkte größer und die Temperatur beider Stoffe in ungleichem Maße erhöht, welche Umstände alle zur Erhöhung des Effectes beitragen.

Ebenso ist auch Gore[5]) durch seine Studien über die thermoelektrischen Eigenschaften der Metalle zu der Ansicht gelangt, daß die elektrischen Ströme nicht hervorgerufen werden durch

---

1) Philosophical Mag. Aug. 1878, Febr. 1879. 2) Wiedemann's Ann. XII, S. 293. 3) Das. XII, S. 399. 4) Das. IX, S. 552; XI, S. 133. 5) Philos. Transactions, XXVII, No. 186, p. 272.

chemische Wirkung, sondern daß sie eine unmittelbare Wirkung der Wärme sind, daß somit wässrige, leitende Flüssigkeiten wirkliche thermoelektrische Eigenschaften besitzen, daß Wärme verschwindet, wenn Elektricität austritt.

Eine directe Umwandlung der Schwingungen der strahlenden Wärme in Elektricität hat Professor W. Hankel in Leipzig beobachtet. In dem allgemeinen Bericht, den er über diese Versuche veröffentlicht hat, erinnert derselbe an seine im Jahre 1865 bekannt gemachte Theorie der elektrischen Erscheinungen (vgl. dieses Jahrb. II, S. 90) nach welcher die Elektricität in kreisförmigen Schwingungen des Aethers unter Betheiligung der Materie besteht; positive und negative Elektricität unterscheiden sich nur durch den Sinn der Drehung. Sollen nun gewöhnliche Wärmeschwingungen direct in Elektricität übergehen, so müssen sie durch den Einfluß der von ihnen durchstrahlten Materie in kreisförmige Bewegungen umgesetzt werden. Hankel verwendet hierzu die Durchstrahlung des Bergkrystalles in der Richtung seiner Nebenachsen.

Die Grundform des Bergkrystalles ist bekanntlich eine hexagonale Pyramide, welche vier Achsen hat. Drei derselben, die Nebenachsen, liegen in einer Ebene und sind von gleicher Länge, sowie gleich geneigt gegen einander; die Hauptachse steht senkrecht auf der Ebene der Nebenachsen. Hankel hat nun schon 1866 bei Untersuchung der thermoelektrischen Eigenschaften des Bergkrystalles nachgewiesen, daß die beiden Enden einer jeden Nebenachse beim Erwärmen eines einfachen Bergkrystalles entgegengesetzte elektrische Polaritäten zeigen; ein solcher Krystall zeigt also sechs elektrische Pole, die abwechselnd positiv und negativ sind. Dem entsprechend kann man sich die Molekeln des Aethers im Innern des Krystalles so geordnet denken, daß sie unter dem Einfluß und der Betheiligung der materiellen Molekeln in kreisförmigen Bahnen um die Nebenachsen beweglich sind, und zwar in der einen Richtung leichter beweglich als in der andern. Auf der ganzen Länge einer Nebenachse hat ferner die leichter eintretende Drehung absolut dieselbe Richtung; von außen aber erscheint sie, von beiden Enden aus gesehen, entgegengesetzt gerichtet, entsprechend den entgegengesetzten elektrischen Polaritäten, die man an den Achsenenden beobachtet. Da aber die auf einander folgenden

Enden der Nebenachsen ebenfalls entgegengesetzte Polaritäten zeigen, so müssen auch die Drehungen um zwei benachbarte Nebenachsen, von derselben Seite aus gesehen, in entgegengesetztem Sinne erfolgen.

Wenn nun die aus einem leuchtenden oder warmen Körper austretenden Schwingungen ein Aethertheilchen treffen, so wird dieses in Folge des stets wachsenden Schwingungszustandes der anlangenden Strahlen sich bald geradlinig, bald kreisförmig, bald elliptisch in dem einen und in dem andern Sinne bewegen. Treffen aber solche Schwingungen in Richtung einer der Nebenachsen auf einen Bergkrystall, so werden diejenigen Schwingungen, deren Sinn mit der Richtung der leichtern Drehung der Molekeln des Aethers im Krystalle übereinstimmt, die Drehung dieser Aethertheilchen unter Betheiligung der materiellen Theilchen der Substanz einleiten; in Folge davon werden sich dann an den Enden dieser Achse elektrische Spannungen von entgegengesetztem Sinne zeigen.

Die Richtung, nach welcher die Strahlen den Krystall durchziehen, muß übrigens dieser Theorie zufolge für das Auftreten der elektrischen Spannungen an den Enden der Nebenachsen, qualitativ wenigstens, gleichgültig sein. Denn bei jeder Richtung der Strahlung werden in den Aethermolekeln Bewegungen vorkommen, die in Richtung der am leichtesten eintretenden Drehung liegen und daher diese einleiten. Es müssen sich also immer, wenn ein einfacher Bergkrystall in irgend einer Richtung — selbst parallel mit der Hauptachse — in seiner ganzen Ausdehnung von Wärmeschwingungen durchstrahlt wird, gleichzeitig an den Enden der Nebenachsen entgegengesetzte Spannungen zeigen.

Hankel hat nun experimentell nachgewiesen, daß diese theoretischen Betrachtungen in der That dem wirklichen Verlauf der Erscheinungen entsprechen. Die Anordnung seiner Versuche beschreibt er wie folgt.

Ein 4 bis 6 Centim. langer und 2 bis 3 Centim. dicker, sehr klarer Bergkrystall, z. B. vom St. Gotthardt, der ein möglichst einfaches Individuum darstellt, wird mittels Siegellack mit dem untern, verbrochenen Ende in verticaler Stellung auf eine Metallplatte aufgekittet und neben ein empfindliches Elektrometer gebracht. Eine 1 bis 2 Centimeter im Durchmesser

haltende Metallkugel wird alsdann durch Siegellack oder Schellack isolirt an die Mitte der einen verticalen Kante des Krystalls so gestellt, daß die Verlängerung der durch diese Kante gehenden Nebenachse durch den Mittelpunkt der Kugel geht. Durch einen dünnen Platindraht wird die Kugel mit dem Goldplättchen des Elektrometers verbunden. Mittels eines Hohlspiegels wird sodann Sonnenlicht in Richtung der erwähnten Nebenachse auf den Krystall geworfen, so daß der Brennpunkt des Lichtbündels ungefähr in der Mitte des Krystalls zu liegen kommt.

An vielen Bergkrystallen treten nun an den Enden der abwechselnden Verticalkanten, also an der ersten, dritten ꝛc., kleine Rhombenflächen auf. Wenn dann die Kante, auf welcher das Licht in den Krystall eindringt, oben eine solche Fläche trägt, so giebt das mit der entgegengesetzten Kante verbundene Elektrometer einen negativen Ausschlag, sobald das Licht auffällt; je nach der Beschaffenheit des Krystalles und der Bestrahlung ist die Größe des Ausschlags verschieden, derselbe steigt aber in Zeit von etwa 20 Secunden bis zu seinem Maximum und geht, wenn man das Lichtbündel durch Drehung des Spiegels ablenkt, in derselben Zeit wieder zurück. Dreht man aber den Krystall um, so daß das Licht auf die der ersten entgegengesetzte Kante fällt, so erscheint ein positiver Ausschlag.

Untersucht man die beiden andern Nebenachsen, so zeigt sich ein Wechsel in der Polarität auf den benachbarten Kanten.

Das Ende der Nebenachse, an welchem die Strahlung austritt, erhält also eine bestimmte Polarität: *trägt die Kante, an welcher die Strahlen austreten, oben keine Rhombenfläche, so erscheint sie negativ; liegt aber oberhalb derselben die Rhombenfläche, so nimmt sie positiv elektrische Spannung an.*

Aehnlich ist das Verhalten auch, wenn die Rhombenflächen an den oberen Enden der Kanten nicht vorhanden sind; man hat dann unter der Bezeichnung von „Kanten, welche oben die Rhombenfläche tragen", diejenigen Kanten zu verstehen, die an diese Flächen auftreten müßten, wenn alle Rhomboëderflächen vollständig ausgebildet wären.

Weniger deutlich läßt sich das elektrische Verhalten der

Kanten beobachten, an welchen die Strahlen eintreten; denn weil man hier die Sonnenstrahlen nicht gerade in der Richtung der Nebenachsen durch den Krystall gehen lassen kann, so werden die Wirkungen nicht ebenso stark sein, wie bei den obigen Versuchen. Man stellt zu dem Zwecke den Krystall etwa unter 40° gegen den Horizont geneigt und bringt die isolirte mit dem Goldblättchen des Elektrometers verbundene Kugel nahe über die Kante, auf welche das Licht möglichst in der Richtung der Nebenachsen einfällt. Der Ausschlag des Elektrometers zeigt dann, daß die Kante, auf welche das Licht einfällt, positiv wird, wenn sie oben die Rhombenfläche trägt, dagegen negativ, wenn diese Fläche gesetzmäßig dort nicht erscheinen kann. Die elektrische Polarität der Kanten ist also genau dieselbe, gleichviel ob die Strahlung an den Kanten ein- oder austritt, übereinstimmend mit der früher entwickelten Theorie.

Versuche mit dem Licht einer Gasflamme, deren Strahlen in gleicher Weise wie zuvor das Sonnenlicht, durch einen größeren Metall-Hohlspiegel auf den Krystall geworfen wurden, ergaben das gleiche Resultat. Dabei ließ sich auch leicht entscheiden, welche Strahlen es eigentlich sind, welche die elektrischen Spannungen hervorbringen. Eine vor den Krystall gestellte dünne Glasplatte schwächte die Wirkung der Gasflamme bedeutend, während eine viel dickere Steinsalzplatte dieselbe noch deutlich hervortreten ließ. Es sind daher in der Hauptsache nicht die leuchtenden, sondern die dunkeln Wärmestrahlen, welche das Phänomen hervorbringen.

Demgemäß müssen die beschriebenen Erscheinungen sich auch einstellen, wenn einer Kante des Bergkrystalls ein heißer Körper genähert wird. Stellt man daher zwei gegenüber liegenden Kanten des Bergkrystalls zwei Kugeln gegenüber, so daß ihre Mittelpunkte in der verlängerten Nebenachse liegen, und wird die eine Kugel erhitzt, so zeigen sich beide Kugeln elektrisch, und zwar die an der Kante mit Rhombenfläche positiv, die andere negativ. Es ist dabei gleichgültig, welche der beiden Kugeln erhitzt ist; sie können auch beide heiß sein.

Die Elektricitätserregungen, welche das Sonnen- und Gaslicht, sowie die dunkeln Strahlen einer heißen Kugel veranlassen, dauern fort, so lange die Strahlung währt.

Diese Erscheinungen sind wesentlich verschieden von den gewöhnlichen thermoelektrischen, die Hankel früher untersucht hat. Die thermoelektrischen Spannungen entstehen erst nach längerer Zeit, in dem Maße, wie der Krystall sich durch seine ganze Masse erwärmt, und sie bestehen dann auch längere Zeit hindurch fort. Bei der Elektricitätserregung durch Wärmestrahlen aber tritt das Maximum schon nach 20 Secunden ein, und in dem gleichen Zeitraume verschwindet die Elektricität auch wieder.

Besonders bemerkenswerth ist aber der Umstand, daß die durch Umwandlung der Wärmestrahlung hervorgerufene Elektricität gerade die entgegengesetzte von derjenigen ist, welche bei den früher von Hankel beschriebenen thermoelektrischen Vorgängen eintreten müßte: durch die Strahlung, von welcher man eine elektrische Einwirkung im Sinne der Erwärmung erwarten sollte, tritt eine Elektricitätserregung ein, wie sie der Abkühlung entspricht.

Sowie die Bestrahlung seitens eines äußeren Körpers eine Elektricitätserregung zur Folge hat, so erzeugt auch der umgekehrte Vorgang, wenn ein erhitzter Krystall gegen einen kälteren Körper, den man in die Nähe gebracht hat, Wärme ausstrahlt, gleichfalls Elektricität. Zwar ist es nicht möglich, den Versuch frei von Störungen anzustellen, da sich die gewöhnlichen thermoelektrischen Erscheinungen des erwärmten Krystalles mit einmischen, indessen scheinen die Beobachtungen doch anzudeuten, daß die Elektricität, welche bei der Wärmeausstrahlung erregt wird, dieselbe ist, wie die bei steigender Temperatur auftretende.

Diese elektrischen Vorgänge gehören nicht zu dem Wesen der Thermoelektricität der Krystalle, denn sonst müßten sie auch beim Turmalin, Topas, Gyps ꝛc. eintreten, wo sie bisher nicht nachgewiesen worden sind.

Noch bemerkt Hankel, daß die von ihm studirte Erscheinung schon von Ch. Friedel in einer Arbeit über die Pyroelektricität von Topas, Blende und Quarz [1]) erwähnt,

1) **Bulletin de la société minéralogique de France, Vol. II (1879), p. 31.**

aber mit dem gewöhnlichen thermoelektrischen Verhalten verwechselt und nicht weiter verfolgt worden ist.

Elektricitäts-Entladung.

E. Wiedemann's Entdeckung, daß ein Gas unter gewissen Umständen durch den elektrischen Strom zum Leuchten gebracht werden kann bei einer Temperatur, welche den Kochpunkt des Wassers noch nicht erreicht (vgl. dieses Jahrb. XV, S. 168), ist auch von Dr. Hasselberg bestätigt worden. Im Laufe einer Versuchsreihe über die Spectralerscheinungen der Kohlenverbindungen, verglichen mit denen der Kometen[1]), kam es demselben darauf an, die betreffenden Gase bei möglichst niedriger Temperatur zum Leuchten zu bringen und zugleich über die Höhe der Temperatur eine wenigstens angenäherte Vorstellung zu gewinnen. Hasselberg machte bei seinen Versuchen Gebrauch von der Thatsache, daß eine Geißler'sche Röhre viel schwächer leuchtet, wenn man sie in der Weise zum Glühen bringt, daß zwei auf derselben aufgeklebte Stanniolbelege mit den Polen einer Inductionsrolle verbunden werden, als wenn der Inductionsstrom mittels der Electroden direct durch sie hindurch gesandt wird. Der angewandte Apparat bestand in einer etwa 75 Centimeter langen Glasröhre von 30 Millim. innerem Durchmesser, die an dem einen Ende mit einer plan geschliffenen Glasplatte, am andern mittels eines Kautschukpfropfens geschlossen war, durch welchen ein feines Thermometer ging. Seitliche Ansatzröhren dienten zur Verbindung mit einer Geißler'schen Pumpe und zum Einlassen von Gasen; von zwei Stanniolbelegen führten Kupferdrähte zu den beiden Spitzen eines Funkenmikrometers und von da weiter zu den Polen einer großen Inductionsrolle. Wurde nun das Rohr stark ausgepumpt, etwa bis auf 1 Millimeter Druck, und wurde die Rolle in Thätigkeit gesetzt, so füllte sich das Rohr mit intensivem Licht, und die Temperatur, die zur Vermeidung störender Erwärmung seitens des Beobachters durch ein Fernrohr abgelesen wurde, stieg allmählich bis auf

1) Mém. de l'Acad. des Sc. de St. Pétersbourg, VIIme série, T. XXVII; Auszug in der Vierteljahresschrift der Astronom. Gesellschaft XIV, S. 356.

ein gewisses Maximum, welches allerdings nicht mit der Temperatur des Gases übereinstimmte, aus dem sich aber diese berechnen ließ. — Die so erhaltenen Temperatursteigerungen sind nun bedeutend verschieden von denen, die man gewöhnlich als Glühtemperaturen bezeichnet, und doch sind sie noch nicht die kleinsten, bei denen ein Aufleuchten der Gase stattfinden kann. Denn die Intensität der Lichtentwickelung ist abhängig von der Größe der Belege und wächst mit dieser; es findet aber auch selbst dann noch eine Lichtentwickelung statt, wenn die Belege ganz entfernt werden, so daß die Leitungsdrähte nur lose auf dem Rohre aufliegen. Das Leuchten ist dann allerdings nur von geringer Intensität und die Bewegung des Quecksilbers im Thermometer fast unmerklich, so daß man die Temperaturerhöhung kaum auf mehr als 10 bis 15° schätzen kann. Da aber die mögliche Unsicherheit der Temperaturbestimmung etwa diesen Werthen gleichkommt, so ist es fraglich, ob unter solchen Umständen überhaupt irgend eine meßbare Temperatursteigerung vorkommt.

Daran knüpft Hasselberg noch einige Bemerkungen bezüglich der Kometen. Die typische Uebereinstimmung der Kometenspectra mit dem Spectrum der Kohlenwasserstoffe, wie auch die elektrische Natur vieler an ihnen beobachteter Erscheinungen, wie die Schweifbildung, die Ausströmungen und dergl., können gegenwärtig wohl als genügend festgestellt angesehen werden; die einzige noch übrig bleibende, etwas größere Schwierigkeit war die, wie man sich die für das Glühen der Kometenmaterie nöthige Temperatursteigerung vorstellen sollte, namentlich da die meisten Kometenperihele nicht so klein sind, daß für diesen Zweck an die directe Sonnenbestrahlung gedacht werden kann. Diese Schwierigkeit scheint nunmehr wegzufallen, wenn man das Kometenspectrum als ein elektrisches ansieht, eine Ansicht, für welche auch einige Eigenthümlichkeiten desselben im Vergleich mit dem Kohlenwasserstoff-Spectrum sprechen. Das Gleiche gilt auch bezüglich der Nebelflecke, nur kann bei diesen die elektrische Erregung nicht als von außen kommend angesehen werden; jedenfalls aber scheint es nicht nöthig, um die Spectralerscheinungen dieser Himmelskörper zu erklären, irgend eine hohe Temperatur derselben vorauszusetzen.

Auch bezüglich des Nordlichtes scheint die von Wiedemann

und Hasselberg constatirte Thatsache von Bedeutung zu sein. Sieht man nämlich ab von einer immer auftretenden hellen gelbgrünen Linie, so ist, wie Angström gezeigt hat, das Spectrum des Nordlichtes nichts anderes als eine Modification des Luftspectrums, und besonders findet eine gute Uebereinstimmung statt zwischen drei im benachbarteren Theile des Spectrums liegenden Streifen und den Hauptbanden im Spectrum des negativen Poles einer mit verdünnter Luft gefüllten Geißler'schen Röhre. Beobachtet man nun das Spectrum der auf obige Weise zum Leuchten gebrachten Röhre, so besteht dasselbe aus der Superposition von zwei Spectren, dem des Stickoxydes und dem des negativen Poles. Die Streifen des letzteren zeichnen sich durch überwiegende Helligkeit aus, und dieses Uebergewicht wird noch größer, wenn man nur den negativen Pol mit Stanniolbeleg versieht, in welchem Falle sich fast die ganze Lichtentwickelung in den drei Banden zu concentriren scheint. Da nun die Temperatur beim Aufleuchten der Röhre dem Obigen gemäß hier sehr gering ist und nach Zöllner's Untersuchungen die Entladungen im Nordlicht ebenfalls einer niedrigen Temperatur angehören müssen, so berechtigt dieses Zusammentreffen von Umständen wohl zu der Hoffnung, daß in dieser Weise eine wenigstens partielle Reproduction des Nordlichtspectrums möglich ist, welche den theoretischen Anforderungen näher kommt, als vorher. Ob in ähnlicher Weise auch die gelbgrüne und die rothe Linie künstlich hervorgerufen werden können, muß freilich einstweilen dahingestellt bleiben.

Uebrigens hat auch Hittorf, wenngleich ohne genauere Messungen, sich von der Richtigkeit der Wiedemann'schen Entdeckung überzeugt.[1]) Dieser selbst aber hat im vorigen Jahre weitere Untersuchungen über das thermische und optische Verhalten von Gasen unter dem Einflusse elektrischer Entladungen veröffentlicht,[2]) in welchen er bezüglich der Erwärmung in Röhren mit verdünnten Gasen beim Durchgange elektrischer Entladungen, ohne Einschaltung von Funkenstrecken, folgende Sätze aufstellt:

1) Die Gesammterwärmung nimmt mit abnehmendem Druck erst ab, dann wieder stark zu.

---

1) Wiedemann's Ann. VII, S. 578. 2) Das. X, S. 202.

2) Die Erwärmung der Röhre nimmt stark ab und dann ganz wenig wieder zu.

3) Die Erwärmung an der positiven Elektrode nimmt erst stark ab und dann ganz wenig zu.

4) Die Erwärmung an der negativen Elektrode nimmt erst langsam ab und dann stark zu. Es sind demnach für die Erwärmungserscheinungen in der gesammten Entladungsröhre unter normalen Verhältnissen ohne Einschaltung von Funkenstrecken die Vorgänge an der negativen Elektrode maßgebend.

Von der Gestalt der Elektroden, ob diese Kugeln oder Spitzen sind, ist die Erwärmung im Allgemeinen unabhängig.

Einige besondere Messungen wurden angestellt, um die auf der Längeneinheit von der Elektricitätseinheit erzeugte Wärmemenge zu bestimmen. Dieselben ergaben in einer Capillarröhre von 0,58 Millim. Weite bei einem Drucke von 15,5 Millim. Quecksilbersäule bei positiver Entladung die Maximaltemperatur von 1977°, bei negativer aber eine solche von 1830°; bei einem Drucke von 5,1 Millim. dagegen wurden 1148° und 849° erhalten. Wenn die Temperaturen schon in so engen Röhren recht niedrig sind, so würden sie in zehnmal weiteren auf 100° sinken.

Weitere Untersuchungen wurden angestellt, um die Beziehungen zwischen Spectralerscheinungen, Erwärmung und Elektricitätsmengen festzustellen, insbesondere um die Größe der Energiemenge zu ermitteln, welche nöthig ist, um das Bandenspectrum des Wasserstoffs in das Lichtspectrum zu verwandeln. Zu diesem Zwecke wurde über das horizontal gelegte Capillarrohr einer Entladungsröhre ein Colorimeter geschoben und möglichst nahe an der Stelle, wo dasselbe auf dem Rohre saß, durch ein Spectroskop mit horizontalem Spalte beobachtet. Durch Einschalten einer Funkenstrecke wurde dann das Bandenspectrum in ein Linienspectrum verwandelt.

Wenn man die Funkenstrecke allmählich von Null an wachsen läßt, so ist zunächst das Bandenspectrum recht hell, aber schon zeigen sich neben ihm die drei Wasserstofflinien, dann wird der Grund schwächer und die Wasserstofflinien werden heller, bis zuletzt das Bandenspectrum fast plötzlich verschwindet. So schnell ist der Uebergang, daß das Auge ihn schon ohne Spectroskop wahrnehmen kann. Es zeigte sich nun,

daß die von einer Entladung an die Gewichtseinheit Gas abzugebende Wärmemenge, welche nöthig ist, um das Bandenspectrum in ein Linienspectrum umzuwandeln, weder vom Druck, noch vom Querschnitt des Rohres abhängt, und zwar sind für 1 Gramm Wasserstoff zu dieser Umwandlung 128 300 Calorien nöthig, und die Elektricitätsmenge, welche auf ein Quadratmillim. kommen muß, um das Bandenspectrum in ein Linienspectrum umzuwandeln, beträgt nach Wiedemann's Messungen 0,00001015 Daniell-Siemens.

Weitere Untersuchungen über das Verhalten der Entladung in sehr verdünnten Räumen und eine Vergleichung der Wirkung der verschiedenen Elektricitätsquellen haben E. Wiedemann in der Ueberzeugung bestärkt, daß die von G. Wiedemann und Rühlmann aufgestellte Theorie, nach welcher die Entladung bedingt ist durch von der Elektrode fortgeschleuderte, mit Elektricität geladene Molekeln, die beim Zusammentreffen mit andern Molekeln ihre Elektricität an diese abgeben, sich nicht mehr aufrecht erhalten läßt. Seiner Ansicht nach hat man sich vielmehr den Vorgang bei der Entladung etwa folgendermaßen vorzustellen:

Die von der Maschine gelieferte Elektricität, welche wir uns etwa als freien Aether denken, wird auf der Oberfläche der Elektroden zum Theil als freie Elektricität angehäuft und dort durch die Wechselwirkung zwischen ihr und den Metalltheilen an dem Austritt in die Umgebung gehindert; ein solcher kann erst eintreten, wenn ihre Dichte hinlänglich groß geworden ist. Zugleich erzeugt aber auch die Elektricität in dem umgebenden Medium eine diëlektrische Polarisation, und zwar in der Weise, daß die Aetherhüllen der einzelnen Gasmolekeln deformirt werden und während der Rotation der Molekeln um ihre Achse stets eine bestimmte Orientirung beibehalten. Tritt eine Entladung ein, so pflanzt die dadurch hervorgerufene plötzliche Aenderung der diëlektrischen Polarisation sich zunächst von der Elektrode aus durch die Aetherhüllen der Gasmolekeln fort und setzt sie dadurch in Schwingungen. Daneben kann freilich auch ein Uebergang freier Elektricität von der Elektrode aus von Molekel zu Molekel stattfinden.

Sowie bei phosphorescirenden und fluorescirenden Körpern der Lichtstrahl oscillirende Bewegungen in den Aether-

hüllen der Molekeln bedingt, deren lebendige Kraft beträchtlich größer ist als der Temperatur entspricht, so ist es auch hier der Fall. Wie dort die Aetherbewegung, welche das Leuchten bedingt, sich allmählich auf die Massen der Molekeln selbst überträgt und Wärmeerscheinungen veranlaßt, so tritt auch bei der elektrischen Entladung ganz analog secundär eine Erhöhung der Gesammttemperatur ein. Wenn nämlich in Folge dieser Uebertragung zwei Molekeln des Gases eine größere oscillatorische Bewegung haben, als ihnen nach dem der Temperatur entsprechenden normalen Verhältniß zwischen translatorischer und oscillatorischer Bewegung zukommt, so verwandelt sich bei dem Zusammenstoß derselben allmählich ein Theil der innern Bewegung in die translatorische, bis endlich der normale Zustand eingetreten ist. Für das thatsächliche Auftreten eines solchen Ueberschusses von innerer Bewegung in leuchtenden Gasen spricht die niedrige Temperatur derselben.

Die durch die elektrischen Entladungen eingeleiteten Schwingungen können so stark werden, daß die Molekeln selbst auseinander fallen und in ihre Atome zerlegt werden, ähnlich wie beim Auftreffen chemisch wirksamer Strahlen auf Chlorsilber Zersetzung eintritt oder wie Chlor beim Auftreffen solcher Strahlen activ wird. Wenn die oscillatorischen Bewegungen ein Zerfallen der Molekeln bewirken, so erhalten die letzteren die nöthige Energie durch die Elektricitätsquelle zugeführt und bei der Wiedervereinigung wird diese Energie von deu Molekeln an die Calorimeter wieder abgegeben.

Zwischen der Wärmeproduction eines Lichtstrahles, der in einem schwach absorbirenden Medium fortschreitet, und derjenigen der elektrischen Entladungen besteht ein eigener Parallelismus: Beim Fortschreiten eines in einem solchen Medium sich conisch erweiternden Lichtstrahles ist nämlich die Wärmeentwickelung in jedem Querschnitte dieselbe, und ebenso ist es bei elektrischen Entladungen in verschiedenen Querschnitten; bei Vergrößerung der Intensität des Strahles und entsprechender Verkürzung seiner Durchgangszeit wird die gleiche Menge absorbirt, und das Gleiche gilt auch für die Entladungen bei Vergrößerung ihrer Stärke und Verminderung ihrer Anzahl; wird endlich die Stärke der optischen Absorption vergrößert, etwa indem man die Mengen der absorbirenden

Theile in einer Lösung vermehrt, so wird dem entsprechend auch die eine größere Wärmemenge entwickelt, und ebenso ist in einem Gase im gleichen Querschnitte die elektrische Wärmeentwickelung größer mit wachsendem Druck. Es ist daher wahrscheinlich, daß die Abgabe der Energie in beiden Fällen in gleicher Weise erfolgt, daß also die Entladungen in einer Fortführung von Schwingungen bestehen, die einen Theil ihrer Energie an die Gastheilchen abgeben. Doch ist die Amplitude, welche ein Elektricitätsquantum erzeugt, nicht diesem selbst, sondern seiner Quadratwurzel proportional, und außerdem treten auch noch bei den elektrischen Entladungen eine Anzahl störender Momente auf, daher man sie nicht so vollkommen wie die optischen Erscheinungen zu erklären vermag.

Die großen Unterschiede im Verhalten der positiven und negativen Elektricität lassen sich vielleicht durch die Annahme erklären, daß die Fortführung der letzteren allein durch die Fortpflanzung diëlektrischer Polarisationen bedingt ist, während die der ersteren zugleich mit einem Uebergang des freien Aethers von Molekel zu Molekel verknüpft ist, eine Ansicht, die neuerdings auch v. Ettinghausen[1]) auf Grund von Versuchen Hall's ausgesprochen hat.

Elektrische Schattenbilder.[2]) — Unter diesem Namen hat W. Holtz einige bemerkenswerthe Versuche beschrieben, zu deren Ausführung es außer einer gewöhnlichen (nicht mit metallisch belegter rotirender Scheibe versehenen) Influenzmaschine und einiger Utensilien, die jedes physikalische Kabinet enthält, keiner besonderen Hilfsapparate bedarf.

Zunächst handelt es sich um Herstellung einer Fläche, auf welche der Schatten geworfen wird. Wenn eine größere Hohlscheibe zu Gebote steht, so stecke man sie auf die linke Entladungsstange der Influenzmaschine und lasse zwischen dieser und der Spitze der rechten 6 bis 15 Centim. Zwischenraum. Dann lege man ein Stück Seidenzeug, am besten so groß wie die vordere Scheibenfläche, an letztere an, während sich die Maschine in Thätigkeit befindet. Sobald die Maschine in Gang gesetzt ist, wird die Seide mit großer Gewalt an

1) Wiener Berichte, 4. März 1880.

2) Nachrichten von der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften. 1880, S. 545 und 602.

der Scheibe festgehalten. War nun vorher an der Spitze der rechten Entladungsstange ein kleines Lichtbüschel, so erscheint jetzt daselbst ein schwach leuchtender Stern, und gleichzeitig tritt auf der gegenüberliegenden Fläche des Seidenzeuges eine in eigenthümlich flimmernden Glimmlicht leuchtende Fläche auf, welche bei einer stärkeren Maschine und ebenso bei rascherer Drehung derselben Maschine größer wird. Auch wenn man die Spitze entfernt, wird dieser Kreis größer, aber freilich auch lichtschwächer.

Steht keine Hohlscheibe zur Verfügung, so kann man eine größe Kugel anwenden, die man ganz mit Seide überzieht; zweckmäßiger aber ist es, an einem isolirenden Arme eines geeigneten Stativs ein Stück Seide aufzuhängen und durch eine isolirende Stange zu beschweren. Den so erhaltenen Schirm stellt man dann zwischen den in diesem Falle beiderseits zugespitzten Entladungsstangen auf, und zwar etwas näher an der negativen Elektrode, weil dann die Intensität der leuchtenden Kreisfläche ihr Maximum erreicht. Sehr bequem ist auch ein Schirm in Form eines mit Seide besponnenen Ebonitringes, der auf einem Ebonituntersatze steht.

Wesentlich ist es, daß das Seidenzeug möglichst faltenlos sei. Bei der zweiterwähnten Anordnung hat das keine Schwierigkeit; bei Benutzung einer Hohlscheibe aber empfiehlt es sich, anfangs die Maschine sehr langsam zu drehen und etwa entstehende Falten durch vorsichtige Spannung des Stoffes zu entfernen.

Besser noch als eine einfache Lage Seidenzeug wirkt, namentlich bei der zweiten Anordnung, eine mehrfache.

Wird nun zwischen Spitze und Fläche ein leitender Körper gebracht, so wirft derselbe auf den erleuchteten Kreis einen Schatten. Doch zeigen nur Leiter, und zwar gute Leiter und Halbleiter mit wenig Unterschied, diese Erscheinung. Wirkliche Isolatoren geben bei geringer Ausdehnung keinen Schatten, bei größerer nur am Anfang der elektrischen Wirkung. Wie groß in dieser Hinsicht der Unterschied zwischen Isolatoren und Leitern ist, erhellt aus der Thatsache, daß eine Stecknadel beständig einen deutlichen Schatten wirft, während man den Schatten einer Ebonitscheibe von 6 Centim. Durchmesser fast vollständig zum Verschwinden bringen kann. Ob

der leitende Körper abgeleitet oder isolirt gehalten wird, ist von geringem Belang; auch kommt weniger die Leitungsfähigkeit der inneren Masse als die der Oberfläche des Körpers in Betracht. Das Vermögen der Schattenbildung documentirt sich aber nicht nur in verhältnißmäßig stärkerer Schwärzung des Bildes, sondern gleichzeitig auch, und vielleicht mehr noch, in der Vergrößerung seiner Dimensionen.

Am zweckmäßigsten für das Gelingen sind 6 bis 8 Millimeter breite Streifen aus Carton und Ebonit (letzteres ein wenig erwärmt mit der Scheere zu schneiden) oder auch Kreuze aus solchen Stücken (Ebonit auf Ebonit oder Carton mit Siegellack befestigt); ferner versuche man Streifen aus Seide und Leinwand, dergleichen Fäden, eine Stricknadel, einen Glasstab oder eine enge, vielleicht mit Flüssigkeit zu füllende Glasröhre; einen Ring schneidet man aus Carton oder biegt ihn aus Draht. Man hält diese Stücke entweder mit der Hand oder kittet sie auf Glasröhren oder Siegellackstangen, die man auf hölzerne Klötzchen setzt; Fäden und Streifen läßt man beschwert hängen oder spannt sie an den Enden eines gebogenen Drahtes aus. Isolirende Stoffe sind bei nicht ganz trockener Luft ein wenig zu erwärmen.

Die Größe des Schattenbildes hängt ab von seiner Entfernung von der Spitze und der seidnen Fläche, dann aber auch von der mehr oder minder centralen Lage des Gegenstandes; der Schatten wächst, wenn man den Gegenstand nach der Seite verschiebt. Ein längerer Streifen von überall gleicher Breite wirft demnach ein Schattenbild, welches sich nach dem Centrum des Beobachtungsfeldes hin verjüngt. Merkwürdig ist es auch, daß ein Streifen, bis zu einem gewissen Grade wenigstens, denselben Schatten wirft, mag man seine breite Seite oder seine schmale Kante gegen die seidene Fläche richten; ein Conglomerat von Streifen, die mit ihren Flächen parallel und um 3 bis 5 Millim. von einander entfernt sind, wirft denselben Schatten, wie ein homogenes Stück.

Zu den besonders instructiven Versuchen, welche Holtz beschreibt, gehört der folgende: An einer Siegellackstange befestige man ein Kreuz, gebildet aus einem Carton- und einem Ebonitstreifen. Bei trockener Luft bemerkt man dann nur das Bild des ersteren; behaucht man aber den Ebonitstrei-

fen, so zeigt sich, wenn auch nur auf Augenblicke, auch sein Bild.

Erwärmt man das Ende eines Glasstabes oder einer Glasröhre stark, so wirft dieses Ende einen Schatten, der mit dem Erkalten wieder verschwindet.

Eine enge mit Wasser gefüllte Glasröhre und ebenso ein mit Siegellack überzogener etwas dicker Draht werfen keinen Schatten, weil es sich dabei vorzugsweise um die Leitungsfähigkeit der Oberfläche handelt.

Eine Siegellackstange wirft nur im ersten Augenblick einen Schatten, wenn man sie fest in das Beobachtungsfeld hält. Sie giebt aber beständig einen schwachen Schatten, wenn man sie während des Versuchs langsam dreht. Auch bei einem Ebonitstreifen von 30 Millim. Breite verschwindet der Schatten rasch, kommt aber bei Umkehrung der Flächen auf kurze Zeit wieder kräftig zum Vorschein. Bei breiteren Streifen verschwindet der Schatten nur in ganz trockener Luft und zuweilen erst nach minutenlanger elektrischer Wirkung.

Wird ein Cartonstreifen auf einen Ebonitstreifen gekittet, so wirft das Ganze immer einen Schatten, wenn eine der Kanten gegen das Beobachtungsfeld gerichtet ist; bei anderer Stellung dieses Doppelstreifens entsteht, wenigstens ein dauernder Schatten nur wenn man die Ebonitfläche dem Beobachtungsfelde zukehrt.

Bei Anwendung einer Kugel anstatt einer Spitze gelingen die Versuche weniger gut, namentlich wenn die Kugel größer ist. Es entstehen aber in diesem Falle zwei Schattenbilder, eines auf der seidenen Fläche und eines auf der vordern glimmenden Kugefläche selbst. Letzteres ist allerdings nur mangelhaft und, der Kleinheit der erleuchteten Fläche entsprechend, nur außerordentlich klein, aber gleichwohl nicht zu verkennen.

Welche Polarität bei diesen Versuchen die Elektroden haben, ist im Ganzen gleichgiltig; nur bei Anwendung einer Kugel statt der Spitze wird man diese als positive Elektrode benutzen, weil dann das Glimmlicht auf der reinen Metallfläche besser zum Vorschein kommt. Einige unbedeutendere Unterschiede stellen sich allerdings auch bei Anwendung von Spitzen heraus bei positiver und bei negativer Ausstrahlung. Bei der

eren nimmt nämlich die leuchtende Fläche größere Dimen-
ıen an, und auch das Schattenbild verändert sich, wenn
h in geringerem Maße; nach Holtz' Angabe „gewinnt es
ial, während es circular etwas abnimmt". Ein anderer
terschied giebt sich kund, wenn man dem Ausstrahlungs-
:l mit einem leitenden Körper nahe kommt. Die leuch-
de Fläche wird dann an der betreffenden Seite etwas ver-
ıkelt und nach der entgegengesetzten verschoben. Bei größerer
näherung aber gewahrt man immer deutlicher ein Schatten-
) des Körpers, und zwar schon bevor derselbe in den Strah-
kegel eintritt. Soweit sind die Erscheinungen dieselben für
de Elektricitäten, wenn man nur die Annäherung mehr in
Nachbarschaft der Hohlscheibe bewirkt und weniger in der
he der Spitze. „Im letzteren Falle aber tritt die frag-
e Wirkung bei negativelektrischer Ausstrahlung schon in
ßerer Form ein".

Was nun die Erklärung dieser Erscheinungen anlangt,
meint Holtz, daß dieselben in der Hauptsache für eine ge-
linige Bewegung der Elektricität sprechen; die Verzerrung
Bilder bei seitlicher Verschiebung beweist allerdings, daß
größerer Entfernung von der Achse die Entladung nicht
hr genau in gerader Linie erfolgt. Bei Anwendung einer
itze würde das Ausstrahlungsbündel einen zugespitzten, bei
er Kugel aber einen abgestumpften Kegel darstellen Das
:ite Bild, auf der Kugel, beweist übrigens, daß auch von
Seide aus Bewegung stattfindet. Die Seide dürfte vor-
sichtlich nur bewirken, daß möglichst viele Punkte der ein-
)er zugekehrten Elektrodenflächen möglichst gleichmäßig an
Ausstrahlung theilnehmen, eine Entladungsform, wie sie
h sonst allgemein der Glimmentladung im Gegensatz zur
ıschel- oder Funkenentladung anzugehören scheint. Den Ein-
ß der leitenden Beschaffenheit der Körper suchte Holtz an-
ıgs darin, daß leitende Flächen im Gegensatz zu isolirenden
Strahlung hemmen, d. h. entweder reflectiren oder ab-
biren, während die Isolatoren gewissermaßen permeabel
:n oder bei größerer Ausdehnung permeabel werden, nach-
n die Molekeln eine hierfür günstige Stellung angenommen
ben. Doch muß Holtz gestehen, daß auf solche Weise die
ırkungslosigkeit der innern Masse, wie der geringe Unterschied

der Schatten bei verschiedener Stellung von leitenden Streifen keine Erklärung finden. Er ist deshalb später von dieser Ansicht, daß die Isolatoren für die Ausstrahlungsmaterie permeabel seien, wieder zurückgekommen zu der gewöhnlichen Annahme, daß sich bei jeder Glimmentladung nur eine Bewegung ponderabler Massentheilchen vollzieht. Die Richtigkeit derselben ergab sich recht deutlich daraus, daß bei stärkerem Blasen in den Strahlenkegel mittels eines Blasebalges bei jedem Luftstoß eine Wolke über das Beobachtungsfeld huschte und gleichzeitig das Schattenbild eines dazwischen gehaltenen Gegenstandes im Sinne der Luftbewegung verschoben wurde. Es scheint also die bewegte Materie aus Luftmolekeln zu bestehen, die eine große Geschwindigkeit besitzen. Da die leuchtende Fläche sich bei Einführung sowohl leitender wie isolirender Körper erweitert, so müssen beide eine abstoßende Wirkung äußern, und wenn sich dort ein Schatten bildet und hier nicht, so dürften wir vielleicht annehmen, daß die Abstoßung dort eine viel größere ist, so daß die Anziehung der Hohlscheibe nicht im Stande ist, sie wieder auszugleichen. Denn die Molekeln werden sicher nicht nur von der Spitze fortgetrieben, sondern ebenso gut von der Hohlscheibe angezogen, und wahrscheinlich am stärksten von ihrer Mitte. Werden sie nun durch einen Körper abgelenkt, so dürfte in Folge der stärkeren Anziehung in der Mitte wieder bis zu einem gewissen Grade eine Concentrirung erfolgen. Daß aber ein leitender Körper einen stärker dispergirenden Einfluß übt, dürfte sich daraus erklären, daß die gleichartig elektrischen Molekeln durch ihn hindurch kräftiger auf einander zu wirken im Stande sind.

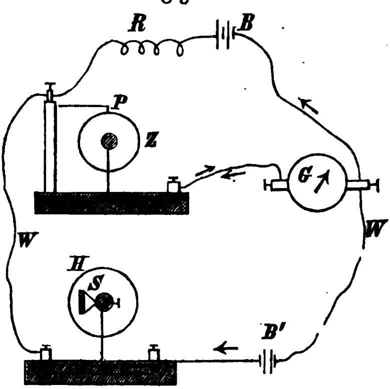
Wird zwischen Spitze und Hohlscheibe eine Cartonscheibe gestellt, welche eine Oeffnung besitzt, so erhält man auf der Seidenfläche ein Lichtbild, das aber nicht optisch regelrecht ist. Während die Schatten mit wechselndem Abstand vom Centrum größer werden, wird das Lichtbild nach außen hin kleiner. Ein kreuzförmiger Ausschnitt mit gleich breiten Armen giebt daher ein kreuzförmiges Lichtbild mit sich nach außen zuspitzenden Armen, eine Erscheinung, die sich leicht durch die vorgetragene Hypothese erklärt.

Der Telephotograph.

Mit diesem Namen wird ein Apparat bezeichnet, welcher zur telegraphischen Uebermittelung von Bildern natürlicher Objecte dient. Im Princip ist derselbe schon 1877 von Senlecq in Ardres (Dep. Pas de Calais) beschrieben worden, praktisch ausgeführt hat ihn aber erst neuerdings Shelford Bidwell, welcher ihn der Physikalischen Gesellschaft in London am 26. Februar d. J. vorführte.[1])

Seine Einrichtung beruht wie die des Photophons auf der Eigenschaft des Selens, mit veränderlicher Belichtung dem elektrischen Strome einen veränderlichen Widerstand entgegenzusetzen. Man denke sich nun den positiven Pol einer galvanischen Batterie durch eine Reihe von Widerstandsrollen mit einem Platindrahte, den negativen Pol aber mit einer Zinkplatte verbunden, auf welcher ein feuchtes, mit Jodkalium präparirtes Papier liegt, und es werde der Platindraht gegen dieses Papier gedrückt, so wird im Augenblicke des Stromdurchganges eine Zersetzung des Jodkaliums eintreten und das Papier wird vom frei werdenden Jod gebräunt; die Färbung wird je nach der Stromstärke mehr oder weniger intensiv sein. Nun denke man sich aber noch eine zweite Batterie, deren negativer Pol durch eine Selenzelle mit der Zinkplatte verbunden ist, während der positive Pol mit dem Platindraht in Verbindung steht. Dadurch entstehen in der Leitung zwei entgegengesetzte Ströme, die sich ganz oder theilweise aufheben. Die Stärke

Fig. 42.



1) Der Techniker. Jahrg. III, Nr. 12 (15. April 1881), S. 135. Nature, Vol. 23, p. 450.

des ersten Stromes wird nun derart regulirt durch Einschaltung hinlänglicher Widerstände, daß die Ströme sich gerade aufheben, wenn die Selenzelle intensiv beleuchtet ist. Führt man bei solcher Belichtung den Platindraht über die Fläche des Papiers, so wird er keine Spur hinter sich lassen. Sobald aber die Zelle einem weniger starken Lichte ausgesetzt oder beschattet wird, muß ein brauner Strich entstehen.

Die Art und Weise, wie Bidwell diese Idee verwirklicht hat, ist in Fig. 42 skizzirt. Der Absender besteht aus einem hohlen Messingcylinder H, der auf einer feinen Schraubenspindel um seine Achse drehbar ist; eine kleine Oeffnung in der Mantelfläche des Cylinders beschreibt auf diese Weise eine Schraubenlinie, von der 64 Windungen auf den engl. Zoll gehen. Im Innern des Cylinders steht die Selenzelle S. Auf den Cylinder, und zwar auf die der Selenzelle gerade gegenüberliegende Stelle, wird nun mittels einer Linse das Bild des Gegenstandes geworfen, welches telephotographirt werden soll. Bei der Bewegung fällt dann das Licht von den verschiedensten Theilen des Bildes auf die Selenzelle, wodurch das Leitungsvermögen je nach der Intensität der Belichtung in verschiedener Weise modificirt wird. Als Empfänger dient auf der andern Station ein Metallcylinder Z, auf den das empfindliche Papier gewickelt ist und gegen das der Schreibstift P gedrückt wird. Die Cylinder Z und H müssen sich völlig synchronisch drehen, wenn der Apparat richtig functioniren soll. Man sieht nun ein, daß unter diesen Umständen eine aus feinen Strichen (Spirallinien) bestehende Reproduction entstehen muß; dabei wird die Intensität der Färbung dieser Striche von der Intensität der Belichtung abhängen.

Ob die Idee, die jedenfalls recht geistreich ist, eine besondere Zukunft hat, ist freilich noch abzuwarten. Bis jetzt ist es nur gelungen, einfache Figuren, die aus Zinnfolie ausgeschnitten waren und mittels einer Laterna magica auf dem Absendecylinder projicirt wurden, zu reproduciren.

III.

Chemie und chemische Technologie.

Thermochemische Untersuchungen.

Seit mehreren Decennien haben sich einige namhafte
hemiker mit unermüdlichem Eifer der Aufgabe unterzogen,
e Wärmemengen genau zu ermitteln, welche bei dem Ver-
ufe chemischer Processe entwickelt werden. In der That er-
eint diese Aufgabe als eine eminent wichtige, seitdem man
der Wärmemenge, welche bei einer chemischen Reaction ent-
kelt wird, ein Maß der Arbeit erblickt, welche die Atome
in Reaction tretenden Substanzen verrichten. Gelangen
: dazu, ein sicheres Maß dieser Arbeit zu finden, so ist der
e Schritt gethan, um die Chemie auf dieselben Gesetze der
chanik zurückzuführen, welche bereits die Basis der ver-
:denen Zweige der Physik bilden. Seit etwas mehr denn
ıresfrist ist ein Werk zum Abschluß gelangt, welches dieses
[zu erstreben sucht. Unter dem Titel: „Essai de méca-
ıe chimique fondée sur la thermo-chimie“ [1]) hat Ber-
lot, Professor am Collège de France in Paris, ein zwei
e Bände umfassendes Werk herausgegeben, in welchem die
:r nur in zahlreichen Abhandlungen zerstreut vorliegenden
bnisse seiner 15 Jahre lang ohne Unterbrechung fortge-
n Studien auf dem bezeichneten Gebiete zu einem systema-
geordneten Ganzen zusammengestellt sind. Das Erscheinen

) Paris 1879 bei Dunod.

dieses Werkes veranlaßt uns, die neueren thermochemischen Untersuchungen einer kurzen Besprechung zu unterwerfen.

Berthelot legt in dem drei Abtheilungen umfassenden ersten Bande seines Werkes die allgemeinen Methoden der chemischen Calorimetrie dar, beschreibt die calorimetrischen Apparate und das Manipuliren mit denselben und giebt eine Zusammenstellung der von ihm und anderen Experimentatoren ermittelten numerischen Werthe der sowohl bei chemischen als bei physikalischen Vorgängen (Aenderung des Aggregatzustandes ꝛc.) entwickelten oder absorbirten Wärmemengen.

Der zweite Band zerfällt in zwei Abtheilungen. Die erste derselben bespricht die Bedingungen, unter welchen eine bestimmte Verbindung aus ihren Elementen entsteht und wie sie sich unter dem Einflusse fremder Energien (Wärme, Elektricität, Licht) zersetzt, während in der zweiten Abtheilung der Nachweis versucht wird, daß die mannigfaltigsten chemischen Reactionen sich auf ein von Berthelot aufgestelltes Gesetz zurückführen lassen, welches, wie wir vorgreifend schon hier bemerken, lautet wie folgt:

Jede chemische Veränderung, welche sich ohne Dazwischenkunft einer fremden Energie vollzieht, strebt nach Erzeugung desjenigen Körpers oder desjenigen Systems von Körpern, bei dessen Entstehung die größte Wärmemenge entwickelt wird.

Da die entwickelte Wärmemenge als Maß der von den Atomen verrichteten Arbeit gilt, so bezeichnet Berthelot dieses Gesetz als das Princip des Arbeitsmaximums (**principe du travail maximum**).

Sollte es in der That gelingen, die allgemeine Giltigkeit des eben ausgesprochenen Berthelot'schen Gesetzes nachzuweisen, oder ein modificirt lautendes anderes allgemein giltiges Gesetz an seine Stelle zu setzen, so würde man im Stande sein, die chemischen Reactionen, welche sich zwischen einfachen oder zusammengesetzten Körpern vollziehen werden, vorauszusehen, vorausgesetzt, daß man die thermischen Eigenschaften sowohl der reagirenden Körper als auch derjenigen Körper kennt, welche sich bei der Reaction möglicher Weise bilden können. Nach dem Berthelot'schen Gesetz werden diejenigen Verbindungen entstehen, deren Bildung zu der größten Wärme-

entwicklung Veranlassung giebt. Man ersieht hieraus, wie wichtig es ist, die thermischen Eigenschaften sowohl der Elemente als ihrer Verbindungen kennen zu lernen. Die Aufgabe der Thermochemie ist es, uns diese Kenntniß zu überliefern.

Allerdings würde eine vollendete Mechanik der Chemie die Aufgabe zu lösen haben, die Eigenschaften der zusammengesetzten Körper aus den Eigenschaften der sie bildenden Elemente abzuleiten. Eine solche Ableitung würde indessen nur möglich sein, wenn wir nicht allein über die Massen der in Wechselwirkung befindlichen Bestandtheile, deren Verhältnisse uns durch die Aequivalente gegeben sind, sondern auch über die relative Lage der Atome, ihre Bewegungen, ihre lebendige Kraft, nicht minder über die Natur der Kräfte genau unterrichtet wären, welche einerseits zwischen den Atomen, andrerseits zwischen diesen und dem sie umhüllenden Aether wirksam sind. Da uns jedoch die Mehrzahl dieser Werthe unbekannt ist, so können selbstverständlich die Theorien einer jetzt aufzustellenden Mechanik der Chemie den Grad der Allgemeinheit und Sicherheit nicht erlangen, welcher die Theorien einer Mechanik der Himmelskörper charakterisirt. Doch aber liegen eine Anzahl von Fragen vor, die in das Gebiet der Mechanik der Chemie fallen und an deren Beantwortung man schon bei dem heutigen Umfange unseres chemischen Wissens mit Hülfe der neuern Ergebnisse der thermochemischen Untersuchungen sich wagen kann. Die Frage nach dem Maximum der Arbeitsleistung bei dem Verlaufe chemischer Processe giebt eben hiervon ein Beispiel. Und so möge denn der von Berthelot gewagte Versuch, zu einer Mechanik der Chemie den ersten Grund zu legen, die verdiente Anerkennung finden, wenngleich ein solcher erster Versuch von Unvollkommenheiten nicht frei sein kann.

Selbstverständlich sind wir bei dem in diesem Jahrbuche uns zur Verfügung stehenden beschränkten Raume nicht in der Lage, hier den Inhalt des sehr umfangreichen Berthelot'schen Werkes auszugsweise wiederzugeben, doch glauben wir auf einige der in demselben erörterten Fragen um ihrer besonderen Wichtigkeit willen nochmals kurz zurückkommen zu sollen, nachdem wir zuvor an einige Momente erinnert, welche

zur Inangriffnahme der neuern thermochemischen Untersuchungen den wesentlichen Impuls gegeben haben. Wir hoffen dadurch zugleich zu erläutern, wie man dazu gelangt ist, in den bei chemischen Reactionen entwickelten Wärmemengen ein Maß der Arbeit zu erblicken, welche durch die Atome der reagirenden Körper geleistet wird.

Es ist eine bekannte Thatsache, daß man durch mechanische Arbeit Wärme hervorbringen kann. Durch Stoß, durch Reibung, durch Compression von Gasen rc. wird Wärme entwickelt.

Seitdem der deutsche Arzt J. R. Mayer (1842) den Satz ausgesprochen und experimentell begründet hat, daß, wie überhaupt zwischen Ursache und Wirkung ein bestimmtes Größenverhältniß besteht, so auch bei der Production von Wärme durch mechanische Mittel stets ein unveränderliches Größenverhältniß zwischen der erzeugten Wärme und der zu diesem Zweck consumirten mechanischen Arbeit bestehen müsse, und seitdem es auch gelungen ist, das mechanische Aequivalent der Wärme genau zu bestimmen,[1]) ist die Ansicht gänzlich unhaltbar geworden, daß die Wärme ein Stoff sei. Man nimmt daher jetzt ganz allgemein an, daß die Wärme ein Bewegungszustand sei und zwar ein solcher, bei welchem nicht ein Körper als Ganzes, sondern seine kleinsten Theile, die Moleküle desselben, in Bewegung begriffen sind. Die lebendige Kraft der in Bewegung begriffenen Moleküle ist die Wärme. Daß diese Bewegung der Moleküle dem Auge nicht sichtbar wird, erklärt sich durch die Kleinheit der Moleküle und ihrer Bahnen.

Führt man mittels eines Hammers rasche Schläge auf einen Ambos, so werden Hammer und Ambos erwärmt. Hierbei wird die sichtbare Bewegung des gegen den Ambos geführten Hammers in die unsichtbare Bewegung der Moleküle des Hammers und des Amboses verwandelt, die lebendige Kraft des aus der sichtbaren Bewegung zur Ruhe gebrachten Hammers wird in lebendige Kraft der unsichtbar sich bewegenden Moleküle, d. i. in Wärme übergeführt. Es sei

1) Zur Erzeugung der Wärmemenge, welche 1 Kilogr. Wasser um 1° C. erwärmen kann, ist eine Arbeit von 423,55 Kilogrammmeter erforderlich. Bei den meisten Rechnungen wird es genügen, statt dieser Zahl die runde Zahl 424 anzuwenden.

kurz daran erinnert, daß man den Molekülen gasförmiger Körper geradlinige Bahnen zuschreibt; die Gasmoleküle bewegen sich (nach Annahme der kinetischen Gastheorie) in geschlossenen Räumen wie geworfene Körper solange geradlinig fort, bis ihnen durch Anprall unter sich oder an der Gefäßwand eine andere Richtung ertheilt wird. In festen Körpern bewegen sich nach Clausius die Moleküle vibrirend um gewisse Gleichgewichtslagen, während in flüssigen Körpern den Molekülen eine schwingende, wälzende und fortschreitende Bewegung zugeschrieben wird, jedoch so, daß die Moleküle dadurch nicht auseinandergetrieben werden, sondern sich auch ohne äußeren Druck innerhalb eines gewissen Volumens halten.[1])

Es ist der Wissenschaft gelungen, die Geschwindigkeit zu berechnen, welche den Gasmolekülen in den verschiedenen Gasen bei bestimmten Temperaturen zukommt. Dieselbe ist bei-

1) Wir wollen hier noch kurz andeuten, wie man mit Hülfe dieser Theorie der Aggregatzustände den Uebergang aus einem Aggregatzustand in den andern erklärt hat. Bezüglich der Verdampfung hat schon Clausius folgende Erklärung gegeben (vgl. Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. 8. Aufl. Bd. II. Abth. 2. S. 520): durch günstiges Zusammentreffen der molecularen Bewegungen kann an der Oberfläche einer tropfbaren Flüssigkeit eine Anzahl Moleküle fortgeschleudert werden, so daß dieselben als Gasmoleküle auftreten, also sich geradlinig fortbewegen, bis sie irgendwo anstoßen. Ist der darüber stehende Raum begrenzt, so wird die Anzahl der gasförmig gewordenen Moleküle zunächst immer mehr anwachsen. Ihre Stöße gegen die Wände bringen den Dampfdruck hervor. Aber auch auf die Flüssigkeitsoberfläche werden die Moleküle stoßen. Dort werden sie entweder reflectirt oder zurückbehalten, je nachdem die Größe der Energie an der getroffenen Stelle groß oder klein ist. Der Vorrath gasförmiger Moleküle wird nun solange zunehmen, bis ebensoviele Moleküle in gleicher Zeit zur Oberfläche zurückkehren, als von derselben ausgehen. Dadurch erklärt sich die Maximalspannkraft der gesättigten Dämpfe, sowie der Umstand, daß eine andere über der Flüssigkeit stehende Gasart eine Verdampfung nicht hindern kann. Die Verdampfungswärme erklärt sich durch den Aufwand von Energie. Da nämlich durch die Verdampfung stets diejenigen Moleküle der Flüssigkeit entzogen werden, welche die größte Energie besitzen, so muß die mittlere Energie der zurückbleibenden Moleküle geringer werden (abkühlende Wirkung der Verdampfung). Soll dieselbe also auf gleicher Höhe erhalten bleiben, so muß Energie von außen in Form von Wärme (latent werdende Wärme) zugeführt werden. — Ganz analog verhält es sich beim Schmelzprocesse.

spielsweise bei 0° für Sauerstoff = 461, für Stickstoff = 492, für Wasserstoff = 1844 Meter berechnet worden.

Außer der fortschreitenden oder vibrirenden äußeren Bewegung der Moleküle nimmt man nun aber auch noch eine innere Bewegung der die Moleküle bildenden Atome an. Während die Moleküle eines Körpers eine fortschreitende oder vibrirende (äußere) Bewegung haben, können die Atome des Moleküls überdies noch um den Schwerpunkt des Moleküls oder in anderer Weise rotiren (innere Bewegung). Während nun die Temperatur eines Körpers nur von der äußeren Bewegung der Moleküle desselben abhängig ist, so kann doch die innere Bewegung der Atome in äußere Bewegung der Moleküle umgesetzt und dadurch eine Wärmeentwicklung veranlaßt werden. Dies findet statt beim Verlaufe chemischer Processe. Man kann sich vorstellen, daß während der chemischen Vereinigung zweier Körper die Moleküle derselben mit großer Geschwindigkeit gegen einander prallen. Ganz in analoger Weise nun, wie bei dem Stoße, welcher mittels eines Hammers gegen einen Ambos ausgeübt wird, die sichtbare Bewegung des Hammers in die unsichtbare Bewegung der Moleküle desselben (Wärme) verwandelt wird, so kann bei chemischen Reactionen die unsichtbare innere Bewegung der elementaren Atome der reagirenden Körper in die gleichfalls unsichtbare äußere (vibrirende oder fortschreitende) Bewegung der Moleküle der bei der Reaction entstehenden neuen Körper übergeführt und somit Wärme entwickelt werden.

Die Untersuchung der hier bezeichneten molecularen Vorgänge bietet nun weit größere Schwierigkeiten als die der gewöhnlichen mechanischen Processe, da man weder die Größe der verrichteten Arbeit noch die der lebendigen Kräfte direct messen kann, doch ist das Studium dieser molecularen Erscheinungen durch die neuere Entwicklung der mechanischen Wärmetheorie außerordentlich gefördert worden. In der That, nimmt man das Princip der Aequivalenz zwischen den gewöhnlichen mechanischen Arbeiten und der Wärme auch für die molecularen Arbeiten als giltig an, so wird man zu Consequenzen geführt, welche durch den Versuch ihre Bestätigung finden. Die Uebereinstimmung dieser experimentellen Bestätigungen mit den theoretischen Schlußfolgerungen gestattet auf

die Gesammtheit der chemischen Erscheinungen die allgemeinen Beziehungen in Anwendung zu bringen, welche nach den neuen Lehren der mechanischen Wärmetheorie zwischen der consumirten Wärme und der producirten Arbeit bestehen. Wir sind so zu einer Reihe von Schlüssen geführt, welche die fundamentalen Sätze der Thermochemie und der chemischen Mechanik bilden.

Berthelot giebt diesen fundamentalen Sätzen der Thermochemie in seinem mehrfach erwähnten Werke folgenden Ausdruck:

I. Princip der molecularen Arbeit: Die Menge der bei irgend einer Reaction entwickelten Wärme giebt ein Maß für die Summe der chemischen und physikalischen Arbeiten, welche sich bei dieser Reaction vollzogen haben.

II. Princip der calorischen Aequivalenz der chemischen Umwandlungen oder Princip des Anfangs- und Endzustandes: Wenn ein System einfacher oder zusammengesetzter Körper unter bestimmten Verhältnissen gegeben ist und physikalische oder chemische Aenderungen erleidet, welche das System in einen neuen Zustand überführen, ohne daß dabei äußere mechanische Wirkungen vollbracht werden, so hängt die bei diesen Aenderungen entwickelte oder absorbirte Wärme ausschließlich von dem Anfangs- nnd Endzustande des Systems ab; sie ist unabhängig von der Art und der Reihenfolge der Zwischenzustände.

III. Princip des Arbeitsmaximums: Jede chemische Aenderung, welche sich ohne die Dazwischenkunft einer fremden Energie vollzieht, strebt nach Erzeugung desjenigen Körpers oder desjenigen Systems von Körpern, bei dessen Entstehnng die größte Wärmemenge entwickelt wird.

Durch den letzteren Satz wird die Voraussicht chemischer Erscheinungen auf den rein physikalischen und mechanischen Begriff des Arbeitsmaximums zurückgeführt, welches bei den molecularen Vorgängen geleistet wird.

Aus dem letzteren Satze leitet Berthelot noch den folgenden ab:

Jede chemische Reaction, welche sich ohne Mitwirkung einer vorläufigen Arbeit und ohne Eingreifen einer fremden Energie vollziehen kann, tritt nothwendiger Weise ein, wenn sie Wärme entwickelt.

Es erscheint kaum nöthig, hier eine größere Anzahl von Reactionen namhaft zu machen, durch welche das Princip des Arbeitsmaximums in ungezwungenster Weise seine Bestätigung findet; wir wollen uns daher begnügen nur zwei Beispiele anzuführen.

Stickstoffoxyd vereinigt sich mit einem Aequivalent Sauerstoff direct und in der Kälte unter Entwicklung von 10 Calorien zu salpetriger Säure[1]), bildet aber mit zwei Aequival. Sauerstoff ebenfalls direct und in der Kälte unter Entwicklung von 17 Calorien Untersalpetersäure, daher, wie die Erfahrung bestätigt, bei Gegenwart von überschüssigem Sauerstoff immer die letztere Verbindung entstehen muß. Ueberdies verbinden sich der Theorie gemäß auch salpetrige Säure und Sauerstoff, wenn sie in Berührung kommen, unter Entwicklung von 7 Calorien zu Untersalpetersäure.

Wasserstoff entwickelt, wenn er sich mit Sauerstoff zu Wasser verbindet, 34,5 Wärmeeinheiten, dagegen bei seiner Ueberführung in Wasserstoffsuperoxyd nur 23,3 Wärmeeinheiten, daher muß sich bei der directen Vereinigung beider Elemente nur Wasser bilden, und zeigt das Superoxyd im Gegentheil Neigung, sich in Wasser und Sauerstoff zu zersetzen.

Aber nicht alle Reactionen liefern in so offenbarer Weise eine Bestätigung des Princips des Arbeitsmaximums, manche scheinen mit demselben in Widerspruch zu stehen. Berthelot sucht nun nachzuweisen — und hierin ist wohl das Hauptziel seiner Untersuchungen zu erblicken —, daß jene Widersprüche eben nur scheinbare sind, und kommt zu dem Ergebniß, daß bei richtiger Betrachtung der Vorgänge die allgemeine Giltigkeit des Princips des Arbeitsmaximums sich constatiren läßt. Allerdings muß Berthelot, um das Princip durchgängig bestätigt zu finden, den höhern oder geringern Grad von Beständigkeit berücksichtigen, welcher den in Betracht kommenden Verbindungen unter den gegebenen Umständen zukommt, und

1) Siehe die Anmerkung auf folgender Seite.

muß er den Reactionen, welche sich vollziehen, eine bestimmte Deutung geben, welche bisweilen wohl etwas gezwungen erscheinen mag. Wir wollen seine Betrachtungsweise an einigen Beispielen zu erläutern suchen.

Die Einwirkung von Chlorgas auf Kalilauge vollzieht sich bei niederer Temperatur unter Entwicklung von + 76,2 Wärmeeinheiten[1]) nach folgender Gleichung:

$$3\,Cl_2 + 6\,KHO = 3\,KClO + 3\,KCl + 3\,H_2O : + 76{,}2.$$

Das gebildete Hypochlorit kann darnach, oder bei höherer Temperatur sogleich, unter fernerer Entwicklung von + 18,0 Wärmeeinheiten in Chlorat und Chlorkalium nach folgender Gleichung umgewandelt werden:

$$3\,KClO = KClO_3 + 2\,KCl : + 18{,}0$$

und endlich kann das entstandene Chlorat unter abermaligem Freiwerden von + 11 Wärmeeinheiten in Chlorkalium und Sauerstoff zerlegt werden

$$KClO_3 = KCl = O_3 : + 11{,}0.$$

Warum vollzieht sich nach dem Princip des Arbeitsmaximums bei Einwirkung von Chlor auf Kalilauge nicht sofort die Bildung von Chlorat oder von Chlorkalium und Sauerstoff?

Zur Erklärung dieser und analoger (scheinbarer?) Anomalien führt Berthelot (a. a. O. Bd. II, S. 469) an, daß ein Streben vorliege, zunächst solche Verbindungen entstehen zu lassen, in welchem der Typus eines der reagirenden Körper erhalten bleibe. In der That vollziehe sich die Bildung des Hypochlorits aus dem Kalihydrat durch einfachen Austausch des Wasserstoffs gegen Chlor, also unter Erhaltung des Typus. Dieser Umstand verleihe hier dem Hypochlorit eine gewisse Beständigkeit und befähige dasselbe zu bestehen, solange es nicht extremen Bedingungen ausgesetzt wird.

Schwefel verbrennt an der Luft zu schwefliger Säure und nicht zu Schwefelsäureanhydrid, obgleich letzterem die größere Bildungswärme zukommt. Hier muß also das Streben nach maximaler Arbeitsleistung doch nicht stark genug sein, um die Widerstände zu überwinden, welche die Bestän-

1) Als Wärmeeinheit dient, um mit kleineren Zahlen rechnen zu können, im Folgenden eine 1000 mal größere Einheit als die gewöhnliche Calorie. Die 76,2 Wärmeeinheiten würden also 76200 Calorien entsprechen.

digkeit der schwefligen Säure der Bildung des Schwefelsäureanhydrids entgegensetzt.

Kann sonach das Streben nach Erhaltung des Typus oder das Vorhandensein anderer Widerstände unter Umständen verhindern, daß das Streben nach maximaler Arbeitsleistung zur vollen Geltung kommt, so wird man nach dem Principe des Arbeitsmaximums wenigstens erwarten dürfen, daß überall, wo eine chemische Reaction verläuft, dieselbe wenigstens unter Wärmeentwicklung vor sich geht. Findet das durch die beobachteten Thatsachen durchgängig seine Bestätigung?

Hier ist nun zunächst in Betracht zu ziehen, daß bei chemischen Processen die in Reaction befindlichen Körper häufig physikalischen Umwandlungen unterliegen, die sich nach Befinden unter Wärmebindung vollziehen können (Uebergang aus dem festen in den flüssigen oder aus dem flüssigen in den festen Zustand rc.). Ist die durch die physikalischen Vorgänge verursachte Wärmebindung größer als die durch den chemischen Proceß veranlaßte Wärmeentwicklung, so kann allerdings das Gesammtresultat eine negative Wärmetönung [1]) ergeben. Dieser auf physikalische Ursachen zurückzuführende Theil des Wärmeeffects ist daher von der die Gesammterscheinung begleitenden Wärmetönung in Abrechnung zu bringen, wenn man den durch den rein chemischen Proceß hervorgebrachten Wärmeeffect in Betracht ziehen will.

Es ist nun allerdings oft schwer, den Antheil festzustellen, welchen einerseits solche physikalische Vorgänge, andrerseits die rein chemischen Prozesse an der Herbeiführung der gesammten Wärmetönung nehmen; aber auch Reactionen, bei welchen der negative Werth der Wärmetönung auf physikalische Vorgänge nicht zurückzuführen ist, sieht man unter Verbrauch von Wärme vor sich gehen. Löst man z. B. äquivalente Mengen eines kohlensauren Alkali's und eines Erdsalzes in Wasser auf, so tritt beim Mischen der Lösungen

1) J. Thomsen hat für die beiden Phänomene „Wärmeentwicklung und -Verbrauch" den gemeinschaftlichen Ausdruck „Wärmetönung" in Vorschlag gebracht, und ist derselbe als bequem allgemein adoptirt worden. Wärmetönung heißt also Wärmeentwicklung oder Wärmeverbrauch. Wärmeentwicklung ist positive, Wärmeverbrauch ist negative Wärmetönung.

unter Abscheidung einer kohlensauren Erde eine Temperaturerniedrigung der Flüssigkeit ein. Mischt man Kaliumcarbonat- und Chlorcalciumlösung bei einer Temperatur von 16° C. so verläuft der Vorgang unter Verbrauch von 0,9 Calorien (pro 138,2 Gr. K_2CO_3) nach folgender Gleichung.

$$K_2CO_3 \text{ (gelöst)} + CaCl_2 \text{ (gelöst)}$$
$$= CaCO_3 + 2KCl \text{ (gelöst)} : -0{,}90$$

Berthelot weist nun darauf hin, daß sich für obige Reaction eine positive Wärmetönung (= + 31,5) ergiebt, wenn man nicht von den Lösungen der Salze, sondern von den wasserfreien Salzen ausgeht. In diesem Falle hat man zu der oben beobachteten Wärmetönung die Lösungswärme des wasserfreien Kaliumcarbonates (= + 6,6^c) und des wasserfreien Chlorcalciums (= + 17,4^c) hinzu zu addiren und von der Summe die Lösungswärme des in Lösung gebliebenen Chlorkalium's (für 2 KCl = — 8,4^c) in Abzug zu bringen und erhält sonach

Lösungswärme des KCO_3		= + 6,6
„ „ $CaCl_2$		= + 17,4
Reactionswärme der gelösten Substanz		= — 0,9
	Summa	+ 23,1
ab Lösungswärme von 2 KCl:		— 8,4
	Wärmetönung:	+ 31,5^c

Angemessener erscheint es, nicht von den wasserfreien Salzen, sondern von den wasserhaltigen Salzen $K_2CO_3 + 1\frac{1}{2} H_2O$ und $CaCl_2 + 6 H_2O$ auszugehen, da deren Existenz in der wässerigen Lösung vorauszusetzen ist; unter Einstellung der Lösungswärme dieser wasserhaltigen Salze ergiebt sich:

Lösungswärme des $K_2CO_3 + 1\frac{1}{2}H_2O$:		— 0,4^c
„ „ $CaCl_2 + 6 H_2O$:		— 4,4
Reactionswärme der gelösten Substanz		— 0,9
	Summa	— 5,7
ab Lösungswärme von 2 KCl		— 8,4
	Wärmetönung	+ 2,7^c

Also auch für die wasserhaltigen, festen Salze ergiebt sich hier noch eine positive Wärmetönung.

Berthelot stellt nun die allgemeine Regel auf, daß für den Eintritt einer zwischen zwei Körpern möglichen Reaction

die Wärmetönung maßgebend sei, welche sich für die Umsetzung der festen, vom Lösungsmittel getrennten Körper ergiebt, daß jedoch hierbei der Körper in dem Zustande der Hydratisirung anzunehmen sei, welchen man in der gelösten Substanz voraussetzen muß. (II, p. 747.) Vielfach darf man allerdings den Krystallwassergehalt der reagirenden Salze nicht in Rechnung bringen, wenn sich für die sich vollziehenden Reactionen eine positive Wärmetönung ergeben soll, und erscheinen daher die Annahmen, die man bezüglich des Wassergehaltes der in Reaction tretenden Substanzen machen muß, um das Gesetz des Arbeitsmaximums bestätigt zu finden, oft ziemlich gezwungen.

Unzweifelhaft giebt es viele Verbindungen, deren Bestandtheile sich unter Wärmebindung vereinigt haben, was schon daraus hervorgeht, daß die Verbrennungswärme derselben größer ist als die ihrer Bestandtheile. Zu diesen Verbindungen gehört der Schwefelkohlenstoff. Die Entstehung solcher Verbindungen erklärt sich meist durch die Mitwirkung einer fremden Energie. Wenn Schwefel bei Glühhitze sich mit dem Kohlenstoff unter Wärmebindung vereinigt, so wird die hierbei verbrauchte Wärme der von außen zugeführten Wärme entnommen. In gleicher Weise können andere Energien, wie Elektricität und Licht die Entstehung der unter Wärmeverbrauch sich bildenden (endothermischen) Verbindungen ermöglichen.

Alle Dissociationserscheinungen, welche mit Wärmeverbrauch verbunden sind, werden durch von außen zugeführte Wärme eingeleitet, stehen also mit dem Principe des Arbeitsmaximums nicht in Widerspruch, da dieses nur für Reactionen gelten soll, die sich ohne Mitwirkung fremder Energien vollziehen.

Von der Annahme, daß versteckter Weise Dissociationen stattfinden, macht Berthelot mehrfach Gebrauch, um den Widerspruch zu beseitigen, in welchem unter Wärmeverbrauch verlaufende Reactionen mit dem Princip des Arbeitsmaximums zu stehen scheinen.

Kohlensaures Kali und Chlorammonium geben unter Erzeugung von Kälte Chlorkalium und kohlensaures Ammoniak. Wie ist es möglich, daß diese Reaction eintritt? Berthelot nimmt an, daß das Chlorammonium natürlich unter Wärme-

verbrauch eine Dissociation erfahre in Salzsäure und Ammoniak. Die geringe Menge freigewordener Salzsäure zersetze das Kaliumcarbonat und die freigemachte Kohlensäure verbinde sich mit dem durch Dissociation frei gewordenem Ammoniak. Da so die Producte der Dissociation verschwinden, unterliege eine neue Quantität des Chlorammoniums der Dissociation, und so schreite der Proceß fort, bis die Gesammtmenge des Salmiaks und Kaliumcarbonats in Chlorkalium und Ammoniumcarbonat umgewandelt sei. Die Zersetzung des Kaliumcarbonats durch Salzsäure sei ebenso wie die Vereinigung der Kohlensäure mit dem Ammoniak von Wärmeentwicklung begleitet. Die durch den Dissociationsproceß verbrauchte Wärme sei aber größer als die durch die andern Processe entwickelte, daher für die Gesammtheit der Processe eine negative Wärmetönung resultire. Diese Erklärungsweise erscheint gewagt, da die Dissociation des Salmiaks bei gewöhnlicher Temperatur nicht nachgewiesen ist.

Mehrfach erklärt Berthelot das Eintreten eines chemischen Vorganges, der sich unter Wärmeverbrauch vollzieht, dadurch, daß neben demselben ein anderer mit Wärmeentwicklung verbundener verläuft, welcher mehr Wärme liefert, als der erstere Proceß consumirt. So werden bei der Ueberführung des Wassers in Wasserstoffsuperoxyd 10,9 Calorien verbraucht. Um nun diese Ueberführung zu bewerkstelligen, vereinigt man direct wasserfreien Baryt mit Sauerstoff, wobei + 5,9 Calorien entwickelt werden; dann behandelt man das Bariumbioxyd mit verdünnter Salzsäure, um Chlorbarium und Wasserstoffsuperoxyd entstehen zu lassen, wobei abermals eine Wärmeentwicklung und zwar ein Freiwerden von + 11 Calorien statthat. Hier ist es also die directe Entstehung einerseits des Bariumoxyds, andererseits des Chlorbariums, welche die complementäre Energie liefert, die bei der directen Bildung des Wasserstoffsuperoxyds consumirt wird.

Wir glauben so an verschiedenen Beispielen die Berthelot'sche Betrachtungsweise erläutert und zugleich auf die Schwierigkeiten hingewiesen zu haben, welche sich dem Versuche, die Allgemeingiltigkeit des Princips des Arbeitsmaximums nachzuweisen, entgegenstellen. Wenngleich nun diese Schwierigkeiten nicht allenthalben in völlig befriedigender Weise über-

wunden sind, so bleibt es doch ein nicht bestreitbares Verdienst Berthelot's, die thermochemischen Fragen präcisirt und eine von einheitlichen Principien ausgehende Beantwortung derselben versucht zu haben. Diesem Verdienste versagt unter Andern auch Rathke[1]) seine Anerkennung nicht, welcher auf manche Schwächen der Berthelot'schen Voraussetzungen hinweist und das Gesammtresultat der Untersuchungen Berthelot's für anfechtbar zu halten scheint. Rathke bezweifelt sogar die strenge Geltung des von J. Thomsen aufgestellten Satzes: „Jede einfache oder zusammengesetzte Wirkung rein chemischer Natur ist von Wärmeentwicklung begleitet", welcher Satz viel weniger behauptet als das Berthelot'sche Princip des Arbeitsmaximums, da er nicht die größtmögliche, sondern nur überhaupt eine Wärmeentwicklung fordert. Nach Rathke ist wohl bei chemischen Veränderungen im Allgemeinen ein Streben nach Erzeugung desjenigen Körpers oder desjenigen Systems von Körpern zu erkennen, bei dessen Bildung die meiste Wärme entwickelt wird; allein wenn dies als Regel angenommen wird, so muß man andererseits anerkennen, daß dieselbe vielfache Ausnahmen erleidet. Wir verweisen bezüglich der weiteren von Rathke angestellten Betrachtungen auf die citirte Schrift desselben.

Thomsen[2]), Professor an der Universität in Kopenhagen, welcher gleich Berthelot sich durch seine Untersuchungen außerordentliche Verdienste um die Entwicklung der Thermochemie erworben hat, hat neuerdings die Wärmetönung, welche bei der Bildung von Kohlenwasserstoffen aus ihren Elementen statthat, benutzt, um die Constitution isomerer Kohlenwasserstoffe festzustellen. Wir wollen die Theorie, auf welche er sich hierbei stützt, in dem Folgenden kurz anzudeuten suchen.

Bezeichnet man mit d die Dissociationswärme des Kohlenstoffs, d. h. diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, um 12 Gewichtseinheiten (1 Atom) Kohlenstoff in den gasförmigen, dissociirten Zustand zu versetzen, und bezeichnet man mit q die bei der Verbindung von 1 Atom Wasserstoff mit einem

1) Rathke, Ueber die Principien der Thermochemie. Halle. M. Niemeyer. 1881.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1880. Bd. 13. S. 1321. 1388. 1806. 1808. 2166.

gasförmigen Atom Kohlenstoff entwickelte Wärme, ferner mit x, y und z die Anzahl der einfachen, doppelten und dreifachen Bindungen, endlich mit v_1, v_2 und v_3 die Wärmetönung welche die Entstehung einer einfachen, doppelten und dreifachen Bindung hervorbringt, so ergiebt sich für die Wärmetönung bei der Bildung eines Kohlenwasserstoffs CnH2m aus Kohlenstoff und gasförmigem Wasserstoff bei constantem Volumen die Formel

$$(Cn, H2m) = -nd + 2mq + xv_1 + yv_2 + zv_3$$

Nun weist Thomsen auf Grund seiner Versuche nach, daß man approximativ die numerischen Werthe von q, v_1 und v_2 gleichgroß nämlich $= r = 14570^c$ setzen und zugleich v_3 als Null annehmen kann, während er den Werth von $d = 38900^c$ ermittelt. Hiernach würde obiger Ausdruck folgende Form annehmen:

$$(Cn, H2m) = -nd + (2m + x + y)r$$

oder, wenn man für d und r die ermittelten Werthe einsetzt:

$$(Cn, H2m) = -n\,38900^c + (2m + x + y)\,14570^c$$

Wir wollen anzudeuten suchen, wie Thomsen die für d und r eingestellten Werthe ermittelt und die Gleichheit der Werthe von q, v_1 und v_2 so wie der Vernullung des Werthes v_3 nachgewiesen hat.

Thomsen stellte durch den Versuch die Verbrennungswärme folgender 6 Kohlenwasserstoffe fest

Kohlenwasserstoff	Formel	Verbrennungswärme [1]
Methan	CH_4	213 530^c
Aethan	C_2H_6	373 330^c
Propan	C_3H_8	533 500^c
Aethylen	C_2H_4	334 800^c
Propylen	C_3H_6	495 200^c
Acetylen	C_2H_2	310 570^c

1) Der Unterschied in der Verbrennungswärme der homologen Kohlenwasserstoffe stellt sich folgendermaßen heraus:

$$C_3H_8 - C_2H_6 = 160\,170^c$$
$$C_2H_6 - CH_4 = 159\,800^c$$
$$C_3H_6 - C_2H_4 = 170\,400^c$$

Schon Favre und Silbermann hatten aus ihren Versuchen

Offenbar ist die Verbrennungswärme eines Kohlenwasserstoffs gleich der Verbrennungswärme seiner Bestandtheile minus der Wärmetönung, welche bei der Bildung des Kohlenwasserstoffs aus seinen Elementen stattgefunden hat. Da nun die Verbrennungswärme des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs bekannt sind, so wird sich, wenn die Verbrennungswärme eines Kohlenwasserstoffs durch den Versuch ermittelt wird, auch die seine Bildung begleitende Wärmetönung leicht berechnen lassen. Thomsen benutzt als Verbrennungswärme von 1 Atom (12 Gewichtstheilen) Kohlenstoff die von Favre und Silbermann ermittelte Zahl

$$(C, O_2) = 96960^c$$

wogegen er die Verbrennungswärme des Wasserstoffs auf Grund seiner eigenen Versuche

$$(H_2, O) = 68360^c$$

annimmt. Mit Benutzung dieser Werthe sind die in der unten folgenden Tafel enthaltenen Werthe für die Bildungswärme der Kohlenwasserstoffe bei constantem Druck berechnet.

Bei der Bildung der Kohlenwasserstoffe aus den Elementen findet eine Contraction statt, welche auf die Größe der Bildungswärme influirt. Für jedes verschwindenee Molecularvolumen wird die Wärmetönung bei 20° C. um 580^c vermehrt. Wenn demnach ein Kohlenwasserstoffmolekül n Moleküle Wasserstoff enthält, werden bei der Bildung desselben n—1 Molecularvolumina verschwinden und dieser Contraction entspricht dann (n—1) 580^c; wenn letzterer Werth von der Bildungswärme bei constantem Drucke abgezogen wird, resultirt die Bildungswärme bei constantem Volumen; die entsprechenden Werthe sind in der folgenden Tafel enthalten:

---

den Satz abgeleitet, daß die Verbrennungswärme der Glieder einer homologen Reihe von Kohlenstoffverbindungen um eine constante Größe für je CH_2 differirt. Thomsen's Versuche bestätigen diesen Satz und zeigen, daß für die Kohlenwasserstoffe diese Differenz etwa 160000^c beträgt. Hierbei ist, wie im Folgenden consequent geschehen soll, die sogenannte kleine Calorie die Wärmemenge, die erforderlich ist, um die Temperatur von 1 Grm. Wasser von 0 bis 1° C. zu erhöhen, als Wärmeeinheit angenommen.

Kohlenwasserstoff	Molekül	Bildungswärme	
		bei constantem Druck	bei constantem Volumen
Methan	CH_4	20150c	19570c
Aethan	C_2H_6	25670c	24510c
Propan	C_3H_8	30820c	29950c
Aethylen	C_2H_4	— 4160c	— 4740c
Propylen	C_3H_6	+ 760c	— 400c
Acetylen	C_2H_2	— 48290c	— 48290c

Die letzte Spalte enthält demnach die Wärmetönung bei der Bildung der Kohlenwasserstoffe aus amorphem Kohlenstoff und gasförmigem Wasserstoff ohne Contraction.

Vergleichen wir nun die Wärmetönung, welche bei der Verbindung von 2 Atomen Kohlenstoff mit steigender Wasserstoffmenge eintritt, so erhalten wir folgende absoluten Werthe und entsprechende Differenzen:

	Differenz
$C_2 + H_2 - 48290^c$	43550c
$C_2 + H_4 - 4740^c$	
$C_2 + H_6 + 24510$	20250c
$C_2 + H_8 + 39140^c$	14630c

In den drei ersten Fällen werden ein Molekül C_2H_2, C_2H_4 und C_3H_6, im letzten Falle dagegen zwei Moleküle CH_4 gebildet.

Die Zahlen der dritten Spalte sind zweifelsohne Multipla einer constanten Größe, etwa 14600c, und verhalten sich zu einander wie 3 : 2 : 1.

Die Zahlen der zweiten Spalte bezeichnen die Bildungswärme der gasförmigen Verbindungen C_2H_{2n}, und zwar enthält die Spalte die Werthe für n gleich 1, 2, 3 und 4. Setzen wir aber $n = 0$, dann würde der entsprechende Werth die Wärmetönung ausdrücken, welche bei der Bildung von 1 Molekül gasförmigen Kohlenstoffs, C_2, aus amorphem Kohlenstoff eintreten würde. Bezeichnen wir diesen Werth mit $-a$ und die oben besprochene, constante Größe, etwa 14600c, mit r, dann wird offenbar folgende Relation sich herausstellen, wenn die folgenden 5 gasförmigen Verbindungen aus 2 Atomen amorphen Kohlenstoffs gebildet werden:

Die zu bildende Verbindung	n	Wärmetönung	Differenz
C ⋮⋮⋮ C	0	$-a$	4 r
HC ::: CH	1	$-a + 4r$	3 r
H_2C ::: CH_2	2	$-a + 7r$	2 r
H_3C ··· CH_3	3	$-a + 9r$	r
H_4C : CH_4	4	$-a + 10r$	

Wenn man nun aus den oben für die 4 letzten Reactionen gefundenen Werthen mittelst der Methode der kleinsten Quadrate die wahrscheinliche Größe der beiden Constanten a und r berechnet, dann resultirt

$$a = 106630^c$$
$$r = 14573^c.$$

Die Vergasungswärme des Kohlenstoffs, d. h. diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, um 2 Atome amorphen Kohlenstoff in den normalen gasförmigen Zustand zu versetzen und das Molekül C ⋮⋮⋮ C zu bilden, beträgt 106630^c; es ist dieses die Bedeutung der Constante a.

Wir werden jetzt die Bedeutung der Constante r näher untersuchen. Die Vergasungswärme des Kohlenstoffs können wir als aus zwei Gliedern zusammengesetzt denken; erstens aus der Dissociationswärme zweier Atome Kohlenstoff, d. h. aus derjenigen Wärmemenge, welche erforderlich ist, um 2 Atome amorphen Kohlenstoff in den gasförmgen Zustand zu versetzen und zwar als getrennte Atome; zweitens aus der Wärmtönung, welche erfolgt, wenn zwei derartige Atome sich mit 4 Valenzen zu einem Molekül normalem gasförmigen Kohlenstoff verbinden. Bezeichnen wir die erste Größe mit 2d, die letzte mit v_4, dann wird

$$-a = -2d + v_4 = -106630^c.$$

Wenn die getrennten Kohlenstoffatome sich mit Wasserstoff verbinden, dann findet erstens eine Spaltung des Wasserstoffmoleküls statt, wir werden die dieser Spaltung entsprechende Wärmetönung mit $-hh$ bezeichnen; zweitens eine Vereinigung der getrennten Kohlenstoff- und Wasserstoffatome, wir werden die entsprechende Wärmetönung für jedes Atom Wasserstoff mit ch bezeichnen; drittens eine Bindung der Kohlenstoffatome

mittelst der restirenden Valenzen; wir werden die drei-, zwei- und einfache Bindung mit v_3, v_2 und v_1 bezeichnen.

Die Bildung des Acetylens wird demnach, wenn es aus amorphem Kohlenstoff und gasförmigem Wasserstoff gebildet wird, von folgender Wärmetönung begleitet sein:

$$HC \vdots\vdots\vdots CH - (C_2H_2) = -2d + v_3 + 2ch - hh.$$

Unter der Voraussetzung, daß in den Kohlenwasserstoffen die Bindung der Wasserstoffatome stets mit der Wärmetönung ch geschieht, und wenn

$$2ch - hh = q$$

gesetzt wird, resultiren die folgenden Gleichungen:

Für $C \vdots\vdots\vdots\vdots C \quad - a \qquad\quad = -2d + v_4$

„ $HC \vdots\vdots\vdots CH \quad - a + 4r = -2d + v_3 + 2q$

„ $H_2C \vdots\vdots\vdots CH_2 - a + 7r = -2d + v_2 + 4q$

„ $H_3C \cdots CH_3 - a + 9r = -2d + v_1 + 6q$

„ $H_4C \vdots CH_4 - a + 10r = -2d \ldots\ldots + 8q$

und die Differenzen zweier nacheinander folgenden Gleichungen geben die folgenden einfachen Relationen:

$$v_4 - v_3 = 2q - 4r$$
$$v_3 - v_2 = 2q - 3r$$
$$v_2 - v_1 = 2q - 2r$$
$$v_1 \qquad = 2q - \;\; r$$

Man sieht, daß wir uns jetzt der Bestimmung der Größe der Valenzen nähern, da aber stets eine unbekannte Größe mehr als Gleichungen zugegen sind, müssen wir andere Mittel zu Hülfe ziehen und wenden uns in dieser Absicht an die Kohlenoxyde.

Da bei der Bildung von Kohlensäure keine Volumenänderung eintritt, ist die Bildungswärme der Kohlensäure sowohl bei constantem Drucke als bei constantem Volumen gleich 96960^c zu setzen, d. h. es ist

$$(C, O_2) = 96960^c.$$

Die Verbrennungswärme des Kohlenoxydgases wurde durch directe Verbrennungsversuche von Thomsen im Mittel wie folgt gefunden:

$$(CO, O) = 68370^c.$$

Favre und Silbermann fanden für diese Reaction 66899 bis 67670^c; Berthelot hat vor Kurzem 67400 bis 68800^c gefunden. Da bei der Verbrennung des Kohlenoxyds eine

Contraction, die ein halbes Molecularvolumen beträgt, stattfindet, wird die Verbrennungswärme des Kohlenoxyds bei constantem Volumen um $^1/_2 . 580^c$ geringer, als der angegebene Werth. Wir benutzen demnach die folgenden Werthe:

Reaction	Wärmetönung	
	bei constantem Druck	bei constantem Volumen
(C, O)	28590^c	28880^c
(CO, O)	68370^c	68080^c
(C, O_2)	96960^c	96960^c

Der erste Werth, d. h. die Bildungswärme des Kohlenoxyds ist bekanntlich gleich der Differenz der beiden letzten. Die Bildungswärme der beiden Sauerstoffverbindungen des Kohlenstoffs läßt sich nun in ähnlicher Weise zergliedern, wie diejenigen der Wasserstoff-Verbindungen.

Die Bildungswärme zweier Moleküle Kohlenoxyd ist bei constantem Volumen aus folgenden Gliedern zusammengesetzt; erstens aus der Dissociationswärme zweier Atome amorphen Kohlenstoffs, welche dieselben in den gasförmigen Zustand als getrennte Atome versetzt; sie ist oben mit 2 d bezeichnet worden; zweitens aus der Wärmetönung — oo, welche zur Spaltung des Sauerstoffmoleküls erfordert wird, und drittens aus der Affinität der gasförmigen Kohlenstoffatome für Sauerstoffatome.

Es wird demnach

$$2\,(C, O) = -2\,d - oo + 2\,co.$$

In ähnlicher Art wird die Bildungswärme der Kohlensäure

$$(C, O_2) = -d - oo + oco,$$

und die Differenz dieser beiden Gleichungen giebt alsdann

$$(C, O_2) - 2\,(C, O) = d - 2\,co + oco = 39200^c.$$

Wäre nun die Differenz 2 co — oco bekannt, so würde die Dissociationswärme des Kohlenstoffs aus dieser Formel folgen.

Ebenso wie wir oben bei der Untersuchung über die Phänomene der Kohlenwasserstoffe vorausgesetzt haben, daß die Affinität der gasförmigen Kohlenstoffatome für Wasserstoff constant und die Wärmetönung demnach proportional mit der An-

zahl der Wasserstoffatome sei, werden wir auch hier voraussetzen, daß in den Kohlenstoffoxyden die Affinität zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff constant und den Sauerstoffatomen proportional sei.[1])

Alsdann wird die Differenz

$$2\,co - oco = 0$$

und die Dissociationswärme für 1 Atom Kohlenstoff

$$d = 39200^c.$$

Affinität des Kohlenstoffs für Wasserstoff. Aus den oben S. 293 für die Bildung der Kohlenwasserstoffe gegebenen Formeln folgt für die Bildung des Methans bei constantem Druck aus amorphen Kohlenstoff- und Wasserstoffmolekülen:

$$2\,(C, H_4) = -2\,d + 8\,q = -a + 10\,r.$$

Mit Benutzung der oben für a und r gefundenen Werthe folgt aus dieser Gleichung:

$$q = 14687^c.$$

Die Bedeutung von q ist nach dem oben Entwickelten:

$$q = ch - \frac{hh}{2}$$

und wir erhalten für die Affinität der gasförmigen Kohlenstoffatome für isolirte Wasserstoffatome:

$$ch = 14687^c + \frac{hh}{2}.$$

Nachdem wir die Größe der Affinität zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff, sowie auch die Dissociationswärme des Kohlenstoffs bestimmt haben, läßt sich aus der S. 292 gegebenen Tafel, unter Benutzung der für die Constanten a und r gefundenen Werthe

$$a = 106630^c$$
$$r = \ \ 14573^c,$$

die Wärmetönung bei der gegenseitigen Bindung der Kohlenstoffatome, oder die numerische Größe der 4 Valenzen des Kohlenstoffs berechnen.

Das Material ist in der folgenden Tafel enthalten:

---

1) Bezüglich einer näheren Begründung der Berechtigung zu dieser Annahme verweisen wir auf das Original.

Die zu bildenden gasförmigen Moleküle	Wärmetönung bei der Bildung derselben aus amorphen Kohlenstoff- und Wasserstoffmolekülen
C ⁞⁞ C	$-a \quad = -106630^c - 2d + v4$
HC ⁝⁝ CH	$-a + 4r = -48338^c - 2d + v_3 + 2q$
H_2C ::: CH_2	$-a + 7r = -4619^c - 2d + v_2 + 4q$
H_3C ··· CH_3	$-a + 9r = +24527^c - 2d + v_1 + 6q$
H_4C : CH_4	$-a + 10r = +39100^c - 2d \quad + 8q$

indem v_1, v_2, v_3 und v_4 die Bindung zweier gasförmigen Kohlenstoffatome durch 1, 2, 3 und 4 Valenzen bezeichnet. Die Größe der Constanten d und q ist nach dem oben Entwickelten:

$$d = 39200$$
$$q = 14687.$$

Die Gleichung 5 giebt den oben angegebenen Werth für q; die vier ersten Gleichungen dagegen folgende Werthe:

$$v_4 = c \vdots\vdots\vdots\vdots c = -28230^c$$
$$v_3 = c \vdots\vdots\vdots c = +\ 788^c$$
$$v_2 = c :::: c = +15033^c$$
$$v_1 = c \cdots\cdot c = +14805^c$$

d. h. wenn zwei Kohlenstoffatome sich in einer gasförmigen Verbindung mit 4, 3, 2 oder 1 Valenzen binden, entspricht dieser Bindung die obenstehende Wärmetönung. Es giebt demnach:

die erste Valenz eine Wärmetönung von $+14805^c$
„ zweite „ „ „ „ $+\ 228^c$
„ dritte „ „ „ „ -14345^c
„ vierte „ „ „ „ -28918^c.

Vergleichen wir die numerische Größe der Valenzen, d. h. die gegenseitige Affinität der Kohlenstoffatome mit der Affinität der Kohlenstoffatome für Wasserstoffatome, nämlich

$$ch = q + \frac{hh}{2} = 14687 + \frac{hh}{2},$$

dann kann man kaum daran zweifeln, daß allen diesen Werthen dieselbe Constante zu Grunde liegt.

Die wesentliche Ursache der Differenz zwischen den für r, q, v_1 und v_2 gefundenen Werthen ist diejenige, daß r aus

sämmtlichen Gleichungen der oben stehenden Tafel berechnet worden ist, die andern Werthe dagegen nur aus den einzelnen Gleichungen.

Man kann deshalb ohne Fehler diese Constanten als identisch setzen und unter dieser Voraussetzung findet man aus den Kohlenwasserstoffen den Werth

$$d = 38745^c,$$

während oben für dieselbe Constante, aus den Kohlenoxyden abgeleitet, der Werth

$$d = 39200^c$$

gefunden wurde. Die wahrscheinlichsten Werthe werden

$$d = 38900^c$$
$$r = 14570^c$$
$$q = r$$
$$v_1 = r$$
$$v_2 = r$$
$$v_3 = 0$$
$$v_4 = -2r.$$

Somit ist die approximative Gleichheit der Werthe q, v_1, v_2 und die Vernullung des Werthes v_3 nachgewiesen, und erscheint sonach die Voraussetzung experimentell begründet, welche oben (S. 287) dazu führte, der für die Bildungswärme eines Kohlenwasserstoffs CnH_{2m} aufgestellten Gleichung

$$(Cn, H2m) = -nd + 2mq + xv_1 + yv_2 + zv_3$$

den Ausdruck

$$(Cn, H2m) = nd + (2m + x + y)r$$

zu substituiren, und haben zugleich die für d und r sich ergebenden Werthe $d = 38900^c$ und $r = 14570^c$ ihre Ableitung gefunden.

Wir wollen jetzt nur noch mittheilen, wie Thomsen[1]) auf Grund der entwickelten Theorie die Frage nach der Constitution des Benzols zu entscheiden sucht.

Die mannigfaltigen Formeln, welche einem gesättigten Kohlenwasserstoffe, C_6H_6 entsprechen könnten, lassen sich, je nach der Anzahl von einfachen, doppelten und dreifachen Bindungen der Kohlenstoffatome, in neun Gruppen einreihen.

---

1) Ber. d. deutschen chem. Ges. 1880. Bd. 13. S. 1808.

Unter diesen vielen Formeln giebt es aber nur zwei Gruppen, welche der bekannten aus dem chemischem Verhalten des Benzols abgeleiteten Bedingung entsprechen, drei und nur drei Isomerien von der Formel C_6H_4AB zu gestatten. In der einen dieser Gruppen sind die sechs Kohlenstoffatome durch drei einfache und drei doppelte, in der zweiten dagegen durch neun einfache Bindungen verbunden.

Zu der ersten Gruppe gehört die von Kékulé vorgeschlagene und gewöhnlich benutzte Constitutionsformel, welche eine ringförmige Bindung mit abwechselnd einfacher und doppelter Bindung enthält; zu der zweiten Gruppe gehört die namentlich von Ladenburg vertheidigte Formel, in welcher die sechs Kohlenstoffatome durch neun einfache Bindungen verknüpft sind, indem jedes Kohlenstoffatom drei andere Kohlenstoffatome bindet.

Durch die von Thomsen auf Grundlage der Erfahrung bezüglich der Constitution anderer Kohlenwasserstoffe abgeleitete Theorie der Bildungs- und Verbrennungswärme der Kohlenwasserstoffe ist es möglich, über die Frage zu entscheiden, welche von diesen beiden Constitutionsformeln der Erfahrung entspricht und demnach zukünftig als der wahrscheinlichste Ausdruck für die Constitution des Benzols zu benutzen sein wird.

Durch obige Betrachtungen wurde nachgewiesen, daß bei der einfachen und der doppelten Bindung der Kohlenstoffatome eine gleich große Energie entwickelt wird, daß aber bei der dreifachen Bindung die entwickelte Energie als Null anzusehen ist.

Dieses Resultat ist beim ersten Anblicke im höchsten Grade befremdend; denn man möchte geneigt sein, die mehrfache Bindung für eine kräftigere Reaction als die einfache anzusehen, während das Entgegengesetzte aus den directen Messungen hervorgeht; bezeichnen wir nämlich mit r die durch die einfache Bindung entwickelte Energie, dann giebt die zweite Valenz Null und die dritte Valenz — r, demnach die doppelte Bindung r und die dreifache Null.

In der That stimmt aber dieses Resultat vollständig mit dem Charakter der Kohlenstoffverbindungen überein. Die Beständigkeit einer chemischen Verbindung ist bis zu einem gewissen Grade abhängig von der bei der Bildung derselben

entwickelten Energie, denn bei der Zersetzung wird eine entsprechende Energieverwandlung nöthig. In den Paraffinen, wo alle Kohlenstoffatome durch einfache Valenzen gebunden sind, und wo alle Affinitätseinheiten der Kohlenstoffatome befriedigt sind, kann eine Zersetzung nur dann stattfinden, wenn die Affinität der einzelnen Atome überwunden werden kann, wozu ein Energieaufwand nöthig ist. In der Gruppe der Paraffine ist jede Spaltung derselben mit einer Wärmeabsorption von 14570^c verbunden, und der die Spaltung hervorbringende Körper muß deshalb eine solche Energie abgeben, um sich mit den abzuspaltenden Radicalen vereinigen zu können.

Ein abweichendes Verhalten findet aber in der Gruppe der ungesättigten Kohlenwasserstoffe statt; in diesen sind zwar alle Wasserstoffatome mit den Kohlenstoffatomen und diese gegenseitig mit derselben Energie von 14570^c wie in den Paraffinen, gebunden; aber zwei oder mehrere Kohlenstoffatome sind durch zwei- oder dreifache Bindung aneinander verknüpft, und eben diese mehrfachen Bindungen bilden die Angriffspunkte für die chemisch reagirenden Körper. Wenn z. B. ein Molekül Chlor auf ein Molekül Aethylen reagirt, wodurch die doppelte Bindung der beiden Kohlenstoffatome in eine einfache übergeht, dann kann das Chlor mit seiner vollen Energie sich an die beiden Kohlenstoffatome knüpfen, indem die Ueberführung der doppelten Bindung in die einfache von keinem Energieaufwand begleitet ist. Es verbindet sich demnach Chlor leicht und direct mit dem Aethylen und zwar mit der ganzen Energie, welche der Affinität zwischen Chlor und Kohlenstoff entspricht.

Noch kräftiger ist die Wirkung des Chlors auf dreifache Bindungen enthaltende Kohlenwasserstoffe, wie z. B. Acetylen; denn die Ueberführung der dreifachen Bindung in die zweifache, oder einfache ist von einer Entwickelung von Energie begleitet, welche sich der durch die Affinität des Chlors zum Kohlenstoff entwickelten hinzuaddirt.

Wenn aber Chlor auf ein Paraffin reagiren soll, muß eine Spaltung eintreten, die 14570^c absorbirt, gleichgültig ob die Reaction eine Abtrennung eines Wasserstoffatoms, oder eine Spaltung in zwei kohlenstoffhaltige Radicale bewirkt.

Eben deshalb sind die Paraffine mit den einfachen Bindungen so widerstandsfähig, während die mehrfache Bindungen enthaltenden Kohlenstoffverbindungen leicht angegriffen werden, und zwar durch Aufhebung dieser mehrfachen Bindungen.

Der gewöhnlichen Auffassung zufolge sollte das Benzol doppelte Bindungen der Kohlenstoffatome enthalten; diese Annahme stimmt aber durchaus nicht mit dem chemischen Verhalten des Benzols überein, denn die muthmaßlichen doppelten Bindungen des Benzols können nur durch sehr kräftige Reactionen in einfache Bindungen übergeführt werden, während bei allen schwächeren Reactionen nur eine Substitution der Wasserstoffatome stattfindet. Die starke Widerstandsfähigkeit des Benzols deutet auf die Abwesenheit mehrfacher Bindungen.

Die Frage bezüglich der Constitution des Benzols läßt sich aber auf experimentellem Wege entscheidend beantworten. Nach obigen Untersuchungen influirt die Art der Bindung der Kohlenstoffatome bedeutend auf die bei der Bildung eines Kohlenwasserstoffes entwickelte Energie, und es läßt sich mit Bestimmtheit entscheiden, ob ein Kohlenwasserstoff nur einfache Bindungen, oder theilweise einfache und mehrfache Bindungen enthält.

Das Benzol C_6H_6 enthält in seinen sechs Kohlenstoffatomen vierundzwanzig Valenzen, von denen sechs durch Wasserstoff befriedigt sind. Die übrigen achtzehn Valenzen können nun durch verschiedene Bindungen der Kohlenstoffatome befriedigt werden; aber nur zwei Arten von Bindungen entsprechen dem allgemeinen chemischen Verhalten des Benzols, nämlich den bekannten drei Isomerien. Die achtzehn Valenzen können nun entweder als drei einfache und drei doppelte, oder als neun einfache Bindungen befriedigt sein. Da aber den einfachen und den doppelten Bindungen eine gleich große Energieentwickelung entspricht, nämlich für jede Bindung 14570^c, würde die erstgenannte Art der Bindung eine um $3 . 14570^c$ geringere Energieentwickelung geben als die letztere und die Verbrennungswärme des ersteren Körpers würde demnach um 43710^c größer ausfallen als diejenige der letzteren.

Nach den mitgetheilten Untersuchungen Thomsen's ist die Wärmetönung bei der Bildung eines gasförmigen Kohlenwasserstoffs bei constantem Volumen durch die Formel:

$$(Cn, H2m) = -nd + (2m + x + y)r,$$

ausgedrückt, indem d die Dissociationswärme des Kohlenstoffes oder 39200ᶜ bezeichnet, x und y die Anzahl der einfachen und doppelten Bindungen und r die Wärmetönung bei der gegenseitigen Bindung zweier Kohlenstoffatome oder eines Kohlenstoffatoms und eines Wasserstoffatoms; dieser Werth beträgt 14570ᶜ. Für das Benzol ist nach den beiden Hypothesen entweder

$$x = 3 \quad \text{oder} \quad x = 9$$
$$y = 3 \qquad\quad y = 0$$
$$2m = 6 \qquad 2m = 6$$

und die Bildungswärme des gasförmigen Benzols bei constantem Volumen wird demnach

entweder $-6 . 39200^c + 12 . 14570^c = -60360^c$
oder $-6 . 39200^c + 15 . 14570^c = -16650^c$.

Die Bildungswärme des Benzols für constanten Druck ist um 1160ᶜ größer als die angegebenen Werthe, wird demnach bezugsweise — 59200 und — 15490ᶜ. Wenn diese Werthe von der Verbrennungswärme der Bestandtheile des Benzols abgezogen werden, resultirt die Verbrennungswärme des Benzols. Die Verbrennungswärme für sechs Kohlenstoff- und sechs Wasserstoffatome ist

$$6 . 96960^c + 3 . 68360^c = 786840^c$$

und die Verbrennungswärme des gasförmigen Benzols würde alsdann nach den beiden Hypothesen

entweder $786840^c + 59200^c = 846040^c$
oder $786840^c + 15490^c = 802330^c$.

Thomsen's experimentelle Untersuchung über die Verbrennungswärme des Benzols im gasförmigen Zustande giebt den Werth 805800ᶜ; dieses Resultat ist entscheidend bezüglich der Constitution des Benzols. Es wird nämlich die Verbrennungswärme des gasförmigen Benzols

berechnet für drei einfache und drei zweifache Bindungen	846040ᶜ
berechnet für neun einfache Bindungen . .	802330ᶜ
experimentell gefundene Verbrennungswärme	805800ᶜ.

Die Uebereinstimmung der durch die directen Verbren-

nungsversuche gefundenen Werthe mit demjenigen, welcher — nach der von Thomsen auf Grundlage der Erfahrung entwickelten Theorie — für eine Bindung der Kohlenstoffatome des Benzols mittels neun einfacher Valenzen resultirt, und die bedeutende Abweichung von 40000^c oder 5 Procent von demjenigen Werthe, welcher einem Benzol mit drei einfachen und drei zweifachen Bindungen entsprechen würde, führt zweifelsohne zu dem folgenden Schluß:

Die sechs Kohlenstoffatome des Benzols sind durch neun einfache Bindungen mit einander verknüpft, und die bisherige Annahme einer Constitution des Benzols mit drei einfachen und drei zweifachen Bindungen stimmt nicht mit der Erfahrung überein.

In verschiedener Art läßt sich eine Verkettung der sechs Kohlenstoffatome des Benzols durch neun einfache Bindungen denken; am einfachsten wird die Constitution, wenn jedes Kohlenstoffatom mit drei anderen verbunden gedacht wird.

Die Elemente und einige Verbindungen derselben.

Sauerstoff.

Darstellung von Sauerstoff zu industrieller Verwendung. — Nach einer Mittheilung im Journal für Gasbeleuchtung 1881, Bd. 24, S. 339 ist die Frage nach einer zweckmäßigen Methode zur industriellen Darstellung von billigem Sauerstoff (vgl. dies. Jahrb. 1875, Bd. 11, S. 268), welche fast 10 Jahre lang geruht, wieder aufgenommen worden. In der Société des ingenieurs civ. berichtete vor Kurzem Guitton über das von Brin herrührende Verfahren zur Sauerstoffdarstellung, welches seit einigen Monaten zu Passy bei Paris angewendet wird. Dasselbe gründet sich auf die bereits 1851 von Boussingault angegebene, später von Gondolo 1869 verbesserte Methode der Absorption des Sauerstoffs aus der Luft durch erhitzten Baryt; der letztere verwandelt sich dabei in Baryumsuperoxyd, bei höherer Temperatur wird dasselbe jedoch wieder unter Abgabe von Sauerstoff und Rückbildung von Baryt, der wieder von Neuem verwendet

werden kann, zersetzt. Für die Durchführung dieses Verfahrens scheint namentlich der richtige Feuchtigkeitsgehalt der Luft und die genaue Einhaltung der Temperaturen von Wichtigkeit zu sein, weshalb bei der technischen Ausführung diesen beiden Punkten die größte Aufmerksamkeit zuzuwenden ist und Apparate construirt worden sind, welche der Luft einen constanten Feuchtigkeitsgehalt (ca. 60 Proc.) ertheilen und die Temperatur selbstthätig reguliren. Ueber die Details der Anlage werden demnächst weitere Mittheilungen in Aussicht gestellt.

Bei der jetzigen Ausdehnung der Fabrik in Passy, mit einer Production von 300 Cubikm. Sauerstoff pro Tag und einem Anlagecapital von 150 000 Francs stellt sich der Preis für 1 Cubikm. auf 0,619 Francs. Die Productionsfähigkeit der Anlage wird sich nach den vorliegenden Angaben ohne große Kosten auf 1000 Cubikm. pro Tag steigern lassen und es würde sich in diesem Falle der Preis pro Cubikmeter auf 0,215 Francs ermäßigen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß sich billiger Sauerstoff bald ein Absatzgebiet erobern wird; daß jedoch die Verwendung zu Beleuchtungszwecken, welche man zunächst ins Auge gefaßt hat, den gehegten Erwartungen entsprechen wird, ist nach den früheren Erfahrungen fast zu bezweifeln.

Activer Sauerstoff. — Ueber einige neue Versuche zur Charakterisirung des besonderen Zustandes des Sauerstoffs, der mit dem Namen des „activen" oder „nascirenden" belegt ist und zum Nachweis seines wirklichen Vorkommens bringt E. Baumann in der Zeitschrift für physiologische Chemie (Bd. V, Heft 4, S. 244) Mittheilungen, welchen der „Naturforscher" (Jahrg. XIV, Nr. 32, S. 300) folgendes Referat entnimmt:

Außer dem gewöhnlichen inactiven Sauerstoff und dem Ozon existirt eine dritte Modification des Sauerstoffes, der active oder nascirende Sauerstoff. Der active Sauerstoff kann so wenig als der nascirende Wasserstoff isolirt dargestellt werden. Seine Bildung oder sein Auftreten läßt sich daher nur vermittels seiner Einwirkung auf andere Körper feststellen. Der active Sauerstoff (O) ist das kräftigste Oxydationsmittel, das wir kennen, und ist im Stande, sich direct mit dem inactiven Sauerstoff (O_2) zu Ozon (O_3) zu verbinden. Das

Ozon tritt daher, wie Clausius zuerst hervorgehoben hat, nur da auf, wo eine Activirung des Sauerstoffes erfolgt. Dieser Satz gilt nicht umgekehrt, denn die Activirung des Sauerstoffes kann unter Bedingungen erfolgen, unter welchen eine Ozonbildung nicht stattfinden kann; dies ist der Fall, wenn leicht oxydirbare Substanzen in der Weise mit dem activen Sauerstoff in Berührung sind, daß der letztere völlig zur Oxydation jener Körper verbraucht wird. So entsteht bekanntlich Ozon bei der Activirung des Sauerstoffs der Luft durch feuchten Phosphor; es entsteht dagegen nicht, wenn die den Phosphor umgebende Atmosphäre den Dampf von Alkohol, Aether und ähnlichen Stoffen enthält.

Da das Ozon gleichfalls sehr energisch oxydirend wirkt und in dieser Hinsicht dem activen Sauerstoff wenig nachsteht, da es außerdem nur da gebildet wird, wo activer Sauerstoff auftritt, so ist eine Unterscheidung in den meisten Fällen mit nicht unerheblichen Schwierigkeiten verknüpft und Wirkungen des activen Sauerstoffs sind oft dem Ozon zugeschrieben worden. Die älteren nach dieser Richtung ausgeführten Versuche waren nicht einfach genug, um diese Unterschiede der Wirkungen recht deutlich hervortreten zu lassen. Erst der Nachweis Hoppe-Seyler's, daß der nascirende (z. B. der aus der Occlusion in Palladium heraustretende) Wasserstoff selbst im Stande ist, den Sauerstoff activ zu machen und dadurch die kräftigsten Oxydationen zu vermitteln, bot Gelegenheit, die Eigenschaften und Wirkungen dieser Modification des Sauerstoffs weiter zu untersuchen. Es stellte sich dabei heraus, daß zwischen dem activen Sauerstoff und dem Ozon, die beide die kräftigsten Oxydationsmittel sind, folgende Unterschiede existiren: 1. Der active Sauerstoff verbindet sich mit dem inactiven zu Ozon, das nachweisbar ist in allen den Fällen, wo seine Bildung nicht durch die Gegenwart leicht oxydirbarer Stoffe verhindert wird. 2. Er oxydirt das Wasser zu Wasserstoffsuperoxyd, welches bei Einwirkung von Ozon auf reines Wasser sich nicht bildet. 3. Der active Sauerstoff oxydirt den Stickstoff der atmosphärischen Luft zu salpetriger und Salpetersäure, was nach den Untersuchungen von Carius das Ozon nicht vermag.

Baumann suchte nun gerade diese Unterschiede, welche

den activen Sauerstoff allein scharf charakterisiren, etwas weiter zu verfolgen. Hierzu bot Gelegenheit die anderweitig festgestellte Beobachtung, daß das Ozon bei gewöhnlicher Temperatur das Kohlenoxyd nicht zu oxydiren im Stande sei. Nachdem Baumann sich von der Richtigkeit dieser Beobachtung überzeugt, und gesehen hatte, daß wenn er ozonisirte Luft mit Kohlenoxyd sechs bis acht Stunden lang durch Barytwasser hindurchleitete, keine Abscheidung von kohlensaurem Baryt stattfand, stellte er folgenden Versuch mit activem Sauerstoff an: Aus einem Gasometer, welcher eine kohlensäurefreie Mischung von 3 Vol. Sauerstoff und 1 Vol. Kohlenoxyd enthielt, wurde ein langsamer Strom erst durch eine Waschflasche, welche klares Barytwasser enthielt, und von da durch eine Röhre geleitet, in welchem sich Palladiumwasserstoff befand; aus dieser Röhre trat der Gasstrom wieder durch eine Flasche mit klarem Barytwasser. Nach vierstündigem Durchleiten war das Barytwasser, welches sich zwischen dem Gasometer und der Röhre mit dem Palladiumblech befand, völlig klar geblieben, dagegen zeigte sich in der zweiten Flasche mit Barytwasser eine deutliche Trübung von kohlensaurem Baryt, die sich bei weiterem zwölfstündigem Durchleiten des Gases allmählich vermehrte. Das Barytwasser in der ersten Flasche war auch am Ende des Versuches noch völlig klar.

Das ungleiche Verhalten von Ozon und activem Sauerstoff gegen Kohlenoxyd läßt sich noch durch folgenden einfachen Versuch nachweisen. Ein langsamer Strom von kohlensäurefreier Luft wird durch eine Flasche, in welcher sich feuchter Phosphor befindet, und von da in eine zweite Flasche übergeleitet, in welcher die ozonisirte Luft einem langsamen Strome von 3 Vol. Sauerstoff und 1 Vol. Kohlenoxyd begegnet; aus dieser Flasche treten die Gase in klares Barytwasser, welches auch nach sechsstündigem Durchleiten der Gase völlig klar bleibt. Wird dagegen die Mischung von Kohlenoxyd und Sauerstoff in die Flasche eingeleitet, in welcher der Phosphor sich befindet und, nach dem oben Entwickelten, activer Sauerstoff auftreten muß, so ist das Resultat ein ganz anderes: das vorgelegte Barytwasser wird schon nach kurzer Zeit trübe, und es bildet sich bald ein reichlicher Niederschlag.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß auch das Ver=

halten des Kohlenoxyds gegen activen Sauerstoff zur Erkennung des letzteren benutzt werden kann; insbesondere kann es auch zur Entscheidung der Frage dienen, ob bei Oxydationen, welche durch das Ozon bewirkt werden, activer Sauerstoff auftritt. Die oxydirende Wirkung des Ozons wird sehr häufig in der Weise erklärt, daß das Ozon dabei zunächst in ein Molekül von gewöhnlichem Sauerstoff und ein freies Atom Sauerstoff zerfalle und daß somit die oxydirende Wirkung des Ozons auf der Bildung von nascirendem Sauerstoff beruhe. Nach einer anderen Vorstellung aber oxydirt das Ozon durch directe Uebertragung eines Sauerstoffatoms, welches nicht zunächst als freies Atom d. h. als activer Sauerstoff auftritt. Wenn die erste Ansicht richtig ist, so muß man erwarten, daß bei Zersetzung des Ozons durch oxydirende Substanzen auch Oxydationen eintreten werden, welche dem activen Sauerstoff zum Unterschied von Ozon eigenthümlich sind.

Um diese Frage in möglichst einfacher Weise zu beantworten hat Baumann folgende Versuche angestellt. Durch feuchten Phosphor ozonisirte Luft wurde in eine Flasche geleitet, in welche zugleich ein sehr langsamer Strom von kohlensäurefreiem Kohlenoxyd eingeführt wurde; am Boden der Flasche befand sich eine dünne Schicht von Eisennägeln; die vereinigten Gase passirten von hier aus eine 4 Decimeter lange Röhre, welche mit Eisennägeln gefüllt war und traten dann durch Barytwasser. Der Versuch ergab, daß das in die zweite Flasche eingetretene Ozon durch das metallische Eisen, das sich an der Oberfläche oxydirte, völlig zerstört wurde; in dem vorgelegten Barytwasser war nach vierstündigem Durchleiten der Gase keine Abscheidung von kohlensaurem Baryt bemerkbar. Daraus schließt Baumann, daß bei der Oxydation des Eisens durch das Ozon kein activer Sauerstoff auftritt, sondern eine directe Uebertragung des Sauerstoffs vom Ozon auf das Eisen stattfindet. Er erklärt es aber selbst für fraglich, ob man dieser Erfahrung eine allgemeine Geltung beimessen darf.

Ueber die Verdichtung des Ozons und die Farbe desselben im gasförmigen Zustande theilen P. Hautefeuille und J. Chappuis [1]) folgendes mit. Das

1) Compt. rend. 1880. XCI, p. 522, u. Chem. Centralbl. 1880. S. 754.

Ozon hat, so wie man es gewöhnlich darstellt, eine so geringe Spannung (höchstens 53 Millim.), daß die physikalischen Eigenschaften desselben kaum bekannt und von denen des Sauerstoffs unterschieden sind. Man erinnert sich der Schwierigkeiten, welche Soret zu überwinden hatte, als er mit Hülfe schwach ozonisirten Sauerstoffs die Dichte des Ozons bestimmte. Bei Temperaturen unter 0° läßt sich jedoch die Spannung des Ozons bedeutend steigern. Hautefeuille und Chappuis kühlten die Ozonisirungsröhre durch Methylchlorid ab und ließen das Gas unter fortwährenden elektrischen Entladungen 1/4 Stunde darin verweilen. Dann übertrugen sie den Inhalt der Röhre in den Cailletet'schen Apparat, welcher bekanntlich oben in eine Capillarröhre endigt und mit Quecksilber zur Absperrung des Gases, sowie zur Uebertragung des Druckes gefüllt ist. Durch fünfmaliges Entleeren des Ozonisirungsrohres war der Apparat gefüllt. Bei der Compression wurde das Quecksilber weit weniger angegriffen, als man befürchtet hatte. Es bildete sich auf der Oberfläche ein Ueberzug, welcher die weitere Oxydation vollständig hinderte. Schon mit den ersten Kolbenstößen der Compressionspumpe änderte sich die Farbe des Gases in Blau und dieser Farbenton wurde immer intensiver, je weiter die Compression fortschritt, zuletzt erschien das Gas indigblau, und der Meniscus des Quecksilbers durch dasselbe beobachtet, stahlblau. Diese Färbung verschwand wieder, wenn man durch Veränderung des Druckes das Gas sich ausdehnen ließ, und dabei beobachtete man das Auftreten von Nebeln, gerade wie bei der Compression des Sauerstoffes, nur mit dem Unterschiede, daß bei dem Ozon Nebel bereits bei 76 Atmosphären, beim Sauerstoff dagegen bei 300 Atmosphären auftraten. Vergleichende Versuche mit Kohlensäure ergaben dagegen, daß bei letzterer die Nebel bei niedrigerem Drucke auftreten als bei dem Ozon. Das Gemenge von Sauerstoff und Ozon muß sehr langsam und unter steter Abkühlung comprimirt werden, weil sonst das Ozon sich unter Wärmeentwickelung explosionsartig zersetzt, wobei man einen gelblichen Blitz beobachtet. Berthelot hat gezeigt, daß bei der Bildung des Ozons 14,8 Cal. (für $O_3 = 24$ Gr.) entwickelt werden. Das Ozon stellt sich demnach in die Reihe der explosiven Körper und daraus erklärt sich die Zersetzung

bei der Compression. Man kann eine ähnliche Erscheinung auch bei Sauerstoff beobachten, welcher bei gewöhnlicher Temperatur und in der gewöhnlichen Weise ozonisirt worden ist. Verfährt man bei der Compression desselben in einer Capillarröhre, die mit Wasser von 25° umgeben ist, rasch, so wird das Ozon in der Regel unter Eintritt einer Explosion zerstört; kühlt man dasselbe Gas aber auf — 23° ab, so läßt sich das Ozon bis zu einer Spannung von 10 Atmosphären bringen und mehrere Stunden in diesem Zustande aufbewahren, wenn man es von dem Quecksilber durch eine Schicht Schwefelsäure trennt. Auch bei diesem Versuche, der in viel einfacherer Weise ausgeführt werden kann, als der vorige, läßt sich die azurblaue Farbe des Ozons beobachten. Uebrigens haben die Verfasser gefunden, daß auch bei gewöhnlichem Drucke das Ozon die blaue Farbe besitzt und daß man dieselbe immer wahrnehmen kann, wenn man das Gas in genügend dicker Schicht betrachtet; man braucht nur durch eine etwa einen Meter lange Glasröhre Sauerstoff strömen zu lassen, der langsam durch eine Ozonisirungsröhre gegangen war und jene so vor das Auge zu halten, daß man in der Richtung ihrer Achse nach einem weißen Blatte Papier sieht, so erscheint der Inhalt der Röhre himmelblau; diese Farbe ist um so dunkler, je langsamer der Sauerstoff den Ozonisirungsapparat passirt und verschwindet sofort, wenn man den elektrischen Strom unterbricht.

Da das Ozon bei sehr niederem Drucke und sehr niederer Temperatur eine verhältnißmäßig große Beständigkeit zeigt, so hält es Chappuis für wahrscheinlich, daß dasselbe in den höchsten Luftschichten einen beträchtlichen Bestandtheil der Atmosphäre ausmacht, und daß die blaue Farbe des Himmels von der Farbe des Ozons herrührt. Er sah sich daher veranlaßt, gemeinschaftlich mit Hautefeuille das Absorptionsspectrum [1]) des Ozons zu prüfen und dasselbe mit den atmosphärischen Absorptionsstreifen des Sonnenspectrums zu vergleichen. Hierbei ergab sich, daß das Ozon im sichtbaren Theile des Spectrums 11 dunkle Streifen hervorbringt und

1) Comptes rendus 1880. XCI, p. 985.

von diesen correspondiren in der That mehrere mit den von Angström gezeichneten atmosphärischen Linien.

Daß die höheren Luftschichten an Ozon reicher sind als diejenigen, welche sich in der Nähe der Erdoberfläche befinden, bestätigt auch W. N. Hartley[1]) auf Grund von ihm ausgeführter, directer Versuche. Derselbe ließ das Ozon, um dessen Menge zu bestimmen, durch eine isolirte mit Jodkalium versetzte Lösung von arseniger Säure absorbiren und ermittelte den Ueberschuß der angewendeten arsenigen Säure durch Zurücktitriren mittelst Jodlösung.

Der ultraviolette Theil des Absorptionsspectrums des Ozons wurde von Hartley[2]) untersucht. Bei einem Gehalte des Sauerstoffs an Ozon von $^1/_{2000}$ Vol. und bei einer Dicke der Schicht von 36 Zoll wurden alle ultravioletten Strahlen von 285 bis 232 Milliontel Millimeter Wellenlänge absorbirt. Die Methode, deren sich Hartley zur photographischen Darstellung des Absorptionsspectrums von ozonisirtem Sauerstoff bediente, ist in der Originalabhandlung ausführlich beschrieben.

Chlor.

Chlorkalk. — Ueber den Einfluß, welchen bei der Chlorkalkbereitung der Feuchtigkeitsgehalt des Kalkhydrates ausübt, und über die Einwirkung der Luft und der Kohlensäure auf den Chlorkalk hat Lunge[3]) Untersuchungen ausgeführt. Zufolge derselben ist die Angabe von Graham, daß trocknes Kalkhydrat kein Chlor absorbire, eine unrichtige. Selbst bei einem Ueberschuß von Calciumoxyd im Kalkhydrat, in welchem Falle letzteres völlig trocken sein muß, absorbirte dieses große Mengen von Chlor.

Den stärksten Chlorgehalt, nämlich 43,42 Proc., kann man mit völlig trocknem Chlor erhalten, unvollständig getrocknetes Gas wirkt weniger gut. Der Grad der Trockenheit aber, wie man ihn in Fabriken durch lange Röhrenleitungen

1) Chemical News 1881, Bd. 43, S. 142.
2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 672, nach Chem. soc. 219, 57.
3) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 361, nach Chem. News 43, 1.

erreicht, genügt immer noch zur Erzeugung eines Chlorkalks von 42 Proc.

Zur Darstellung des stärksten Chlorkalks soll die Gesammtfeuchtigkeit etwa 4 Proc. über das zur Hydratbildung des Kalkes nöthige Wasser betragen. Dieses Feuchtigkeitsquantum muß bei Anwendung von trockenem Chlor im Kalk enthalten sein. Es ist nicht vortheilhaft, das Chlor durch warmes Wasser streichen zu lassen.

Feuchte Luft wirkt bei ungefähr 80° so auf den Chlorkalk, daß sich viel Sauerstoff entwickelt, alles Chlor bleibt als Chlorid und chlorsaures Salz zurück. In trockner Luft von etwa 100° entstehen dieselben Producte, doch erfolgt zugleich eine directe Spalturg der bleichenden Verbindung in Kalk und Chlor.

Trockne Kohlensäure hat auf trocknen Chlorkalk selbst bei höherer Temperatur nur eine geringe Einwirkung, aber über nicht getrockneten Chlorkalk geleitet oder bei Anwendung feuchter Kohlensäure treibt dieselbe bei 70° fast alles Chlor aus.

Deshalb kann keine Chlorkalkformel richtig sein, in welcher Chlorcalcium vorkommt, denn dieses giebt bei 70° im Kohlensäurestrom kein Chlor ab. Hiernach gewinnt die von Odling aufgestellte Formel ClCaOCl an Wahrscheinlichkeit (vergl. dieses Jahrbuch 1869, Bd. 5, S. 258; 1873, Bd. 9, S. 240; 1874, Bd. 10, S. 226).

Der Umstand, daß Chlorkalk mit wenig Wasser unter Wärmeentwicklung anschwillt, wird durch den Uebergang von 2 ClCaOCl in ClOCaOCl + $CaCl_2$ erklärlich.

Jod.

Ueber die Dampfdichte des Jods haben J. M. Crafts und F. Meier[1]) fernere Untersuchungen angestellt. Dieselben haben bereits früher (vergl. dieses Jahrbuch 1880, Bd. 16, S. 258) die Vermuthung ausgesprochen, daß die unregelmäßige Ausdehnung des Joddampfes beim Erhitzen auf hohe Temperaturen, d. h. die Verminderung der Dampfdichte

1) Ber. der deutschen chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 356, nach Compt. rend. XCII, p. 39.

des Jods, dem sehr langsamen Zerfallen des Jodmoleküls J_2 in zwei Jodatome $2 J_1$ zuzuschreiben sei, daß daher bei sehr hoher Temperatur die Dichte des Jods = 4,4 sein und alsdann die Ausdehnung des Gases bei weiterem Erhitzen regelmäßig erfolgen müsse. Um dieser Vermuthung experimentelle Grundlage zu geben, haben sie die Dichte des Joddampfes unter vermindertem Druck, indem sie den Dampf mit Luft mischten, bis 1500° bestimmt (höhere Temperaturen anzuwenden, erlaubte ihr Porcellanrohr nicht) und haben gefunden, daß zwischen 350° und 700° die Dichte des Joddampfes auch bei vermindertem Druck constant, = 8,8, sei, daß oberhalb 700° eine um so raschere Verminderung der Dampfdichte eintritt, je geringer die Tension des Dampfes ist, um schließlich bei mehr oder minder hoher Temperatur, je nach der mehr oder minder großen Tension des Dampfes, constant und gleich 4,4 zu werden. Die Constanz tritt ein für Dampf von der Tension 0,1 Atm. bei ca. 1350°, von der Tension 0,2 Atm. bei ca. 1400°. Bei der Tension 0,3 Atm. fanden die Verf. die Dichte des Dampfes bei 1500° = 4,6 und bei der Tension 0,4 Atm. bei ca. 1450° = 4,9.

Hierdurch erscheint die Richtigkeit der von Victor Meyer ausgesprochenen Vermuthung (vgl. dies. Jahrb. 1880, Bd. 16, S. 260) widerlegt, zufolge deren die Uebereinstimmung der Dichte des auf Glühhitze gebrachten Joddampfes mit dem Werthe J_1 auch nur eine Etappe auf dem Wege der Umwandlung des Jodmoleküls bezeichnen und das Endziel der Dissociation erst durch Erreichung des Werthes $^1/_3$ J_2 erlangt werden sollte. Victor Meyer[1]) theilt mit, daß er im Hinblick auf die neuerdings von Crafts veröffentlichten Untersuchungen seinerseits von der Fortsetzung der denselben Gegenstand berührenden Arbeiten vorläufig Umgang genommen, und bemerkt dazu, daß die in neuerer Zeit von Züblin ausgeführten Untersuchungen gezeigt haben, daß es weder durch chemische Mittel (Reduction), noch auf physikalischem Wege (Diffusion) gelingt, aus den Dämpfen der auf Rothgluth erhitzten Halogene differente Stoffe abzuscheiden (vgl. dies. Jahrbuch 1880, S. 263). Auch Victor Meyer hält es daher jetzt für höchst

1) Ber. d. deutschen chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 1453.

wahrscheinlich, daß die Dissociation der Halogene in der Glühhitze in einem Zerfallen ihrer Moleküle in je zwei einzelne Atome besteht.

Schwefel.

Ueber das unterschwefligsaure (hydroschwefligsaure) Natron Schützenberger's hat A. Bernthsen in Heidelberg sehr ausführliche Mittheilungen[1]) veröffentlicht.

Als hydroschwefligsaures Natron ist bekanntlich von Schützenberger (vergl. dies. Jahrbuch 1878, Bd. 14, S. 393) eine Verbindung bezeichnet worden, welche entsteht, wenn man eine concentrirte Lösung von saurem schwefligsaurem Natron mit Zink behandelt. Während sich Zinknatriumsulfit als krystallinisches Salz abscheidet, nimmt die Lösung sehr stark reducirende Eigenschaften an (entfärbt Indiglösung, reducirt die Salze der edlen Metalle sofort); durch geeignete Behandlung mit Alkohol läßt sich ein weißes Salz in festem Zustande gewinnen, welchem die genannten Reactionen zukommen. Diesem Salze ist von Schützenberger die Formel SO_2HNa zugeschrieben worden. Auf die in ihm vorauszusetzende Säure SO_2H_2 ist später nach Vorschlag Roscoe's der Name „unterschweflige Säure“ übertragen worden, während man die früher als unterschweflige Säure bezeichnete Säure $H_2S_2O_3$ neuerdings fast allgemein mit dem Namen „Thioschwefelsäure“ belegt hat. Wir behalten diese neueren Benennungen hier bei und verstehen also unter unterschwefligsaurem Natron das Schützenberger'sche Salz.

Nach Bernthsen nun entspricht die Zusammensetzung dieses Salzes nicht der von Schützenberger aufgestellten Formel SO_2HNa, sondern vielmehr entweder der Formel $NaSO_2$ oder der Formel $Na_2S_2O_4$. Den letzteren Ausdruck hält Bernthsen für den wahrscheinlich richtigen. Der Schwefel ist also nach Bernthsen in der unterschwefligen Säure in der Oxydationsstufe S_2O_3 und nicht, wie Schützenberger annimmt, in der Oxydationsstufe SO vorhanden. Bernthsen's Behauptungen basiren auf einer von ihm ausgeführten Versuchsreihe,

1) Liebig's Annalen der Chemie 1881, Bd. 20?, S. 142—181.

in welcher er die Oxydationsstufe des Schwefels im unterschwefligsauren Natron durch Titriren einerseits mit Jodlösung, andererseits mit ammoniakalischer Kupfersulfatlösung festzustellen suchte.

Der Vorgang bei der Bildung des unterschwefligsauren Natrons findet nach Bernthsen entsprechend der folgenden Gleichung statt:

$$4\,NaHSO_3 + Zn = ZnSO_3 + Na_2SO_3 + Na_2S_2O_4 + H_2O.$$

Die Oxydation des Salzes an der Luft erfolgt nach folgender Gleichung:

$$Na_2S_2O_4 + O = Na_2S_2O_5.$$

Seine Umwandlung unter Bildung thioschwefelsauren Natrons in Lösungen kann nach der ermittelten Zusammensetzung nicht mehr durch einfachen Wasseraustritt, wie nach Schützenberger's Formel, erklärt werden, sondern mag etwa auf einem wie folgt verlaufenden Processe beruhen:

$$2\,S_2O_4Na_2 = S_2O_3Na_2 + S_2O_5Na_2,$$

für welchen ja viele analoge Fälle bekannt sind.

Schon auf eine vorläufige Mittheilung, welche Bernthsen über seine neueren Beobachtungen in den Berichten der deutschen chemischen Gesellschaft veröffentlichte, ist Schützenberger[1]) für die Richtigkeit der von ihm aufgestellten Formeln eingetreten, doch hat eine Widerlegung der Richtigkeit der Bernthsen'schen Beobachtungen zur Zeit nicht stattgefunden, und ist daher weiteren Erörterungen der Frage entgegenzusehen.

Spence-Metall.[2]) — Unter diesem Namen hat Spence eine stahlgraue, auf der Bruchfläche fast vollkommen homogen erscheinende Masse in den Handel gebracht, die infolge ihrer leichten Schmelzbarkeit (sie schmilzt bei ca. 111° C.) und ihrer Widerstandsfähigkeit gegen chemische Agentien zum Dichten von Gas- und Wasserleitungsröhren und statt des Cementes zur Herstellung von Bassins, Kunstgegenständen rc. gut verwendbar sein soll. Diese Masse ist ein Gemenge aus Schwefelkies und freiem Schwefel, die nach Glasenapp leicht dadurch erhalten werden kann, daß man 2 Theile fein

1) Compt. rend. XCII, p. 875.
2) Deutsche Industriezeitung 1880, S. 175; 1881, S. 35 u. 132.

gepulverten Schwefelkieses in 1 Theil geschmolzenen Schwefel einrührt. Der Schmelzpunkt der Masse ist der des Schwefels. Geringe Mengen von Silikaten, Kohle, Schwefelzink, Schwefelkupfer, auch Schwefelblei, welche von verschiedenen Analytikern im sogenannten Spence-Metall gefunden worden sind, mögen als Begleiter des verwendeten Schwefelkieses in die Masse gelangt sein. Hiernach erweist sich das Spence-Metall als ein der Zeiodelithmasse analoges Product, welche durch Zusammenschmelzen von 19 Theilen Schwefel und 42 Theilen Glaspulver, Sand oder dergl. hergestellt wird, und welche ähnliche Verwendung gefunden hat, wie für das Spence-Metall in Vorschlag gebracht wurde. Ob die Verwendung des Spence-Metalles gegenüber der des Zeiodeliths unter Umständen Vortheile gewähren kann, mag dahingestellt sein, jedenfalls läßt die minder indifferente Natur des Schwefelkieses nicht erwarten, daß sich das sogenannte Spence-Metall gegen saure und alkalische Flüssigkeiten widerstandsfähiger erweise als die Zeiodelithmasse.

Ein Apparat zur Darstellung von Schwefelkohlenstoff und Schwefelsäure aus Schwefel- und Kupferkiesen wurde von Elie Celestin Ernest Labois[1]) & Leon Louis Labois construirt (D. P. 10561 v. 2. Nov. 1879). Durch einen Rumpf werden die Pyrite und Holzkohlen in passendem Verhältniß in eine verticale Retorte eingeführt, welche durch Kohlenfeuer erhitzt wird. Die entwickelten Dämpfe streichen durch eine am oberen Theile der Retorte angebrachte seitliche Röhre, welche durch eine zweite Feuerung erhitzt wird. Der austretende Schwefelkohlenstoff wird dann in bekannter Weise condensirt. Wenn der Pyrit ungefähr 15 Proc. seines Gewichtes verloren hat (was erfahrungsmäßig festgestellt werden muß), so wird die erwähnte Röhre geschlossen und der untere geneigte und aus dem Ofen hervorragende Theil der Retorte mit einer Leitung in Verbindung gesetzt, welche in einen Pyrit-Röstofen führt. Nach Oeffnen eines Schiebers und einer horizontalen Oeffnung in dem Verbindungsstück werden unter Anwendung eines Schüreisens die Pyritmassen in den Röstofen befördert, wo sie die übrigen in ihnen enthaltenen 25

1) Die chemische Industrie 1880, Bd. 3, S. 211.

bis 30 Proc. Schwefel in Form von schwefliger Säure abgeben. Der Schieber wird geschlossen, sobald frische Pyritmassen erscheinen. Die schweflige Säure wird in eine Flugstaubkammer und dann in die Bleikammern geleitet. Wenn man das Verbindungsstück zwischen Schwefelkohlenstoffofen und Röstofen nicht anbringen kann oder will, so werden die heißen Pyritmassen aus jenem mittels eines schließbaren eisernen Wagens in den letzteren gebracht.

Stickstoff.

Uebersalpetersäure. — P. Hautefeuille und J. Chappuis,[1]) welche auf spectroskopischem Wege die Zersetzung des Ozons durch Hitze und die Wirkung des elektrischen Stromes auf ein Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff untersuchten (vgl. oben S. 308), beobachteten, daß die Absorptionsstreifen, welche aus reinem Sauerstoff bereitetes Ozon im Spectralapparat giebt, bei gewöhnlicher Temperatur langsam, bei Rothgluth schnell verschwinden, ohne daß irgend ein neuer Streifen dabei sichtbar wird. Dieselbe Erscheinung zeigt sich, wenn man ozonisirten Sauerstoff mit Stickstoff mischt und dann durch Hitze zersetzt; es wird also keine Spur von Untersalpetersäure, der einzigen in Rothgluth beständigen Stickstoffsauerstoffverbindung, gebildet. Wenn man hingegen ein völlig trockenes Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff ozonisirt, so beobachtet man bei Anwendung einer Gassäule von 2 Meter Länge außer den breiten, für Ozon charakteristischen Absorptionsstreifen noch feine, sehr dunkle Linien in Roth, Orange und Grün. Weder Stickstoff, noch salpetrige Säure, noch Untersalpetersäure, noch Salpetersäureanhydrid zeigen unter Einfluß des elektrischen Stromes diese Linien. Läßt man das Gas, welches diese beiden Spectren zeigt, durch Wasser streichen, so bleibt nur das Ozonspectrum und das Wasser wird sauer. Ebenso verschwindet das zweite Spectrum schnell, wenn man ein feuchtes Gasgemenge ozonisirt. Erhitzt man das die beiden Spectra zeigende Gemenge zur Rothgluth, so erhält man das Spectrum der Untersalpetersäure. Bei gewöhnlicher Tem-

1) Ber. d. deutschen chem. Ges. 1881, S. 357.

peratur beobachtet man die eigenthümliche Erscheinung, daß innerhalb 24—48 Stunden jenes zweite Spectrum völlig verschwindet, und daß dann erst das Spectrum der Untersalpetersäure allmählich zum Vorschein kommt, bis es nach einigen Tagen sein Maximum erreicht hat. Es muß demnach der das zweite Spectrum liefernde Körper sich so zersetzen, daß schließlich Untersalpetersäure entsteht.

Nun hat Berthelot vor längerer Zeit bereits die Beobachtung gemacht, daß ein Gemenge von Untersalpetersäure und Sauerstoff unter dem Einfluß des elektrischen Stromes farblos wird, und Verfasser haben bei Wiederholung des Versuchs gefunden, daß hierbei der neue Körper, welcher die feinen Absorptionslinien liefert, entsteht. Sie nehmen daher an, daß die neue Verbindung analog der von Berthelot entdeckten Ueberschwefelsäure S_2O_7 (vgl. dies. Jahrb. 1879, Bd. 15, S. 295) eine Uebersalpetersäure oder vielmehr deren Anhydrid ist.

Zu vorstehenden Mittheilungen bemerkt Berthelot, daß er seine Beobachtung, zufolge deren die Untersalpetersäure, wenn sie gemengt mit Sauerstoff dem elektrischen Strom ausgesetzt wird, farblos wird, aber allmählich wieder die ursprüngliche Farbe annimmt, nicht veröffentlicht habe, weil er zu wenig Anhaltspunkte für die Charakterisirung der neuen Verbindung gehabt habe. Jedoch müsse letztere, die jedenfalls eine sauerstoffreichere Verbindung als die Untersalpetersäure sei, von dem in der Kälte so leicht krystallisirenden Salpetersäureanhydrid verschieden sein.

Arsen.

Arsenrückstände von der Fuchsinfabrikation. — Die Frankfurter Anilinfarbenfabrik von Gans & Comp. zu Mainkur bei Frankfurt a. M. erzeugt als Hauptartikel theils für ihren eigenen Bedarf, theils zur Lieferung von Rosanilin an andere Fabriken täglich 200 Kilogr. Fuchsin (salzsaures Rosanilin) und zwar, wie Dr. Thiel[1]) in seinem Bericht über die Frankfurter Patent-ꝛc.-Ausstellung in der Zeitschr. des Vereins deutscher Ingenieure erwähnt, mittels

1) Vergl. Deutsche Industriezeitung 1881, S. 382.

Arsensäure, da nach vielen, längere Zeit fortgesetzten Versuchen mit dem Nitrobenzolverfahren sich das erstere als das zur Zeit vortheilhafteste erwies, um so mehr, da die damit verknüpften Nachtheile und Gefahren von der Firma auf das geringste Maß zurückgeführt wurden. Es ist ihr nämlich gelungen, nicht nur reine, kaum Spuren von Arsen enthaltende Producte zu erzielen, sondern auch die sich ergebenden arsenhaltigen Rückstände nach einem zweckmäßigen und bereits bewährten Verfahren zu verarbeiten. Dasselbe liefert in einer einzigen Operation reine arsenige Säure (weißen Arsenik), indem die bei der Verbrennung der Rückstände erzeugten arsenikalischen Dämpfe in einem Regenerator mit heißer Luft zusammentreten und namentlich die in ihm enthaltenen organischen Arsenverbindungen hier vollständig zur Verbrennung gelangen, so daß nicht nur ein reines Product, die arsenige Säure, entsteht, sondern auch die Condensation ihrer Dämpfe und damit ihre Abscheidung aus den Rauchgasen so vollkommen wie möglich erfolgt. Diese jedenfalls wesentliche Verbesserung in der Verarbeitung der Arsenrückstände ist hauptsächlich ein Verdienst des Fabrikinspectors Dr. Kind in Cassel, der feststellte, daß bei dem frühern Verfahren stets Arsen in den Rauchgasen enthalten war, und zwar in Form von organischen Verbindungen, und daß es nur durch Zerstörung der letzteren gelingt, diesen großen Uebelstand zu beseitigen. Die erhaltene arsenige Säure wird wieder bei der von der Firma in großem Maßstabe betriebenen Fabrikation der Arsensäure, bis zu 4000 Kg. pro Tag, verwendet.

Bor.

Zur Kenntniß der Borverbindungen hat Constantin Councler[1]) Beiträge geliefert. Zu seinen Untersuchungen scheinen im Wesentlichen folgende Betrachtungen Veranlassung gegeben zu haben. Man schreibt gegenwärtig allgemein dem Bor Dreiwerthigkeit zu. Da man nun annimmt, daß die übrigen dreiwerthigen Metalloide, z. B. der Stickstoff und Phosphor, zugleich Fünfwerthigkeit besitzen, so

1) Journal f. prakt. Chemie. Neue Folge, Bd. 18, S. 373.

ist zu vermuthen, daß diese Eigenschaft auch dem Bor zukomme. Wir kennen in der That Verbindungen, welche es wahrscheinlich machen, daß das Bor fünfwerthig auftreten könne; beispielsweise seien angeführt die Borfluorwasserstoffsäure BF_3HF und deren Derivate, eine Verbindung von Borchlorid und Chlorcyan $BCl_3 + CNCl$, ferner die von Frankland dargestellten Verbindungen von Boräthyl und Bormethyl mit Ammoniak

$$NH_3 + B(C_2H_5)_3 \text{ und } NH_3 + B(CH_3)_3,$$

die man vielleicht als $(C_2H_5)_3B = NH_3$ und $(CH_3)_3B = NH_3$ auffassen darf. Die Möglichkeit, alle diese Doppelverbindungen als sogenannte moleculare Verbindungen anzusehen, ist allerdings nicht ausgeschlossen.

Da nun das Studium der Valenz mehrerer anderer Elemente durch die Untersuchung organischer Verbindungen derselben wesentlich gefördert worden ist, so glaubte Councler durch eine Untersuchung organischer Borverbindungen die fünfwerthige Natur des Bors nachweisen zu können. Diese Erwartung hat sich nun allerdings nicht bestätigt, da in verschiedenen organischen Borverbindungen, welche Councler darstellte, immer nur die Dreiwerthigkeit des Bors zu constatiren war. Wir erwähnen von den dargestellten Verbindungen:

den Borsäureallyläther $(C_3H_5O)_3B$
das Borglyceryl $(C_3H_5)B$
den Borsäureisobutyläther $(C_4H_9O)_3B$

und verweisen bezüglich der übrigen auf das Original.

Doch schließt Councler seine Mittheilungen mit folgenden Notizen über das

Boroxytrichlorid $BOCl_3$. Diesen Körper erhielt Councler häufig als Nebenproduct bei der Bereitung von flüssigem Borchlorid und zwar in Form einer gelbgrünen Flüssigkeit, die beim Erhitzen auf 100° keine Dämpfe ausgiebt, daher leicht von jeder Spur Borchlorid befreit werden kann. Der Gehalt an Bor und Chlor entsprach ziemlich genau obiger Formel.

Mit Wasser zersetzt sich diese Verbindung ziemlich langsam unter Bildung von Borsäure, Salzsäure und Chlor

$$BOCl_3 + 2H_2O = B(OH)_3 + HCl + Cl_2.$$

Die Umstände, welche die Entstehung dieser Verbindungen bedingen, vermag Councler nicht genau anzugeben, doch erhielt er sie meist, wenn mit wenig Kohle gemengtes Borsäureanhydrid in einem nicht zu langsamen Chlorstrome bis zum Glühen erhitzt und das gewonnene, mittels Kupferfeile von überschüssigem Chlor befreite Gas durch eine Glasröhre hindurchgeleitet wurde, welche sich in einer Kältemischung befand.

Da die hohe Temperatur, bei welcher dieser Körper entsteht, die Annahme ausschließt, daß derselbe das Radical der unterchlorigen Säure enthalte

$$B\begin{cases}OCl\\Cl\\Cl\end{cases}$$

so glaubt Councler in der Existenz des Boroxytrichlorids einen Beweis dafür zu finden, daß das Bor die Rolle eines fünfwerthigen Elementes zu spielen vermag.

Da die Umstände, welche die Entstehung des Boroxytrichlorids begünstigen, noch nicht mit Sicherheit bekannt sind, so haben Michaelis und P. Becker[1]) versucht, diese Verbindung synthetisch zu erhalten, sind jedoch nur zu negativen Resultaten gelangt. Zunächst haben dieselben Ozon auf das Chlorbor einwirken lassen, mit Rücksicht darauf, daß Phosphorchlorür so leicht von diesem in Oxychlorid übergeführt wird. Das Chlorbor befand sich am Boden eines etwa 1 Liter fassenden Kolbens, der durch einen hohlen eingeschliffenen Glasstöpsel verschlossen war, welcher einerseits das Einleiten von Ozon, andererseits Verbindung mit einem U-förmigen, von Kältemischung umgebenen Rohr gestattete. Alle Verbindungen waren durch Glasschliffe bewirkt. Das Ozon wurde unter Anwendung eines sehr starken Inductionsapparates vermittels eines Kolbe'schen Ozonapparates erhalten und etwa 10 Stunden lang eingeleitet, während das Chlorbor langsam zurücktropfte. Es hatte nach dieser Zeit gar keine Veränderung des Chlorbors stattgefunden, dasselbe verdampfte vollkommen ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Die Genannten leiteten nun ein Gemisch von Sauerstoff und dampfförmigem Chlorbor durch den ringförmigen Raum des Ozonapparates und setzten es

1) Ber. d. deutschen chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 914.

darin der dunklen Entladung eines sehr starken Inductionsstromes aus: es entstand dadurch nur ein nicht sehr erheblicher Absatz von Borsäureanhydrid, wahrscheinlich durch Zerfall des Chlorbors gebildet. Boroxychlorid entstand so auch nicht spurenweise.

Schließlich ließ man durch ein Gemisch von Chlorbor und Sauerstoff anhaltend elektrische Funken schlagen. Es erfolgte dadurch allerdings lebhafte Einwirkung, indem freies Chlor in großer Menge entwich, während sich viel Borsäureanhydrid absetzte, aber Boroxychlorid entstand auch hier nicht. Es wurde unter Einwirkung des elektrischen Funkens einfach Chlor durch Sauerstoff verdrängt:

$$2\,BCl_3 + 3O = B_2O_3 + 3Cl_2.$$

Borwasserstoff. — Die Existenz eines Borwasserstoffs ist bis jetzt noch nicht genügend constatirt worden. Zwar soll nach Davy die durch Erhitzen von Bor mit Kalium zu erhaltende graue metallische Masse in Berührung mit Wasser Kalihydrat und Borwasserstoff geben, aber Wöhler und Deville [1]) bezweifeln die Existenz dieser Verbindung, da es ihnen nicht gelang, dieselbe unter denjenigen analogen Umständen zu erhalten, unter welchen sich Siliciumwasserstoff bildet. Letzterer entsteht bekanntlich bei Einwirkung von Salzsäure auf Siliciummagnesium ($Mg_2Si + 4HCl = 2MgCl_2 + SiH_4$). Auch Geuther [2]) glückte es nicht, ein Bormagnesium darzustellen, durch welches er zum Borwasserstoff zu gelangen hoffte. Bei seinen Versuchen, Bormagnesium durch Einwirkung von Magnesium auf Borfluornatrium zu erhalten, beobachtete Geuther, daß in der Glühhitze Bor reducirt wird, welches sich jedoch nicht mit Magnesium verbindet, sondern der äußersten Schicht des Magnesiums anhaftet und beim Auflösen desselben in Salmiak als schwarzes Pulver zurückbleibt. Neuerdings sind die Versuche, eine Verbindung von Bor und Wasserstoff darzustellen, einerseits von B. Reinitzer [3]),

---

1) Annalen d. Chemie u. Pharm. Bd. 105, S. 69.
2) Jahresbericht der Chemie 1865, S. 125.
3) Ber. der deutschen chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 510, nach Monatshefte für Chemie 1880, S. 792—799.

andererseits von Francis Jones und R. L. Taylor[1]) wieder aufgenommen worden, und glaubt Ersterer einen festen Borwasserstoff erhalten zu haben, während die Letzteren über die Entstehung eines gasförmigen berichten.

Nach Reinitzer giebt die durch Einwirkung von Kalium auf Borsäure oder Borfluorkalium entstehende Masse, nachdem die Kalisalze ausgewaschen sind, an weitere Mengen Wasser Bor in dunkelgelber Auflösung ab. Nach Berzelius (Lehrbuch, 5. Aufl., I, S. 315) ist das gelöste eine allotropische Modification des Bors, nach Reinitzer ein fester Borwasserstoff, entstanden durch die Wirkung des Wassers auf Borkalium.

Aus den concentrirten Filtraten wurde durch Chlorcalcium ein zarter, grünlich-brauner Rückstand abgesondert; dieser wurde mit Alkohol gewaschen und über Schwefelsäure getrocknet. Das grünschwarze Pulver, sowie die feinsten Theile des Rückstandes auf dem Filter zeigten beim Erwärmen in einem Glaskölbchen plötzliches Erglühen und aus dem zur feinen Spitze ausgezogenen Halse trat ein entzündliches, mit grün umsäumter Flamme brennendes Gas.

Erhitzte man die im Platinschiffchen befindliche Substanz in einer mit Kupferoxyd beschickten Röhre, so sammelte sich Wasser in der vorgelegten Chlorcalciumröhre. Erst nach Verschwinden der grünen Flamme und Steigerung der Temperatur beginnt bei Ueberleiten von Sauerstoff die Verbrennung des Bors unter Verbreitung eines blendend weißen Lichtes. In drei Versuchen wurden 2,67, 2,35 und 1,65 Proc. Wasserstoff erhalten. Die Unreinheit der Masse gestattete somit nicht die Aufstellung einer Formel.

Francis Jones und R. L. Taylor theilen a. a. O. mit, daß ihnen die Darstellung eines Bormagnesiums auf verschiedenem Wege gelang. Dieses wurde theils durch Reduction geschmolzener Borsäure mit Magnesiumstaub, theils durch Erhitzen von amorphem Bor mit dem dreifachen Gewichte Magnesiumstaub im gut verschlossenen Tiegel oder im Wasserstoffstrome, oder durch Ueberleiten der Dämpfe von Borchlorid über erhitztes Magnesium erhalten.

---

1) Ber. der deutschen chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 1397, nach Chem. soc. 1881, p. 213—219.

darin der dunklen Entladung eines sehr starken Inductionsstromes aus: es entstand dadurch nur ein nicht sehr erheblicher Absatz von Borsäureanhydrid, wahrscheinlich durch Zerfall des Chlorbors gebildet. Boroxychlorid entstand so auch nicht spurenweise.

Schließlich ließ man durch ein Gemisch von Chlorbor und Sauerstoff anhaltend elektrische Funken schlagen. Es erfolgte dadurch allerdings lebhafte Einwirkung, indem freies Chlor in großer Menge entwich, während sich viel Borsäureanhydrid absetzte, aber Boroxychlorid entstand auch hier nicht. Es wurde unter Einwirkung des elektrischen Funkens einfach Chlor durch Sauerstoff verdrängt:

$$2\,BCl_3 + 3O = B_2O_3 + 3Cl_2.$$

Borwasserstoff. — Die Existenz eines Borwasserstoffs ist bis jetzt noch nicht genügend constatirt worden. Zwar soll nach Davy die durch Erhitzen von Bor mit Kalium zu erhaltende graue metallische Masse in Berührung mit Wasser Kalihydrat und Borwasserstoff geben, aber Wöhler und Deville[1]) bezweifeln die Existenz dieser Verbindung, da es ihnen nicht gelang, dieselbe unter denjenigen analogen Umständen zu erhalten, unter welchen sich Siliciumwasserstoff bildet. Letzterer entsteht bekanntlich bei Einwirkung von Salzsäure auf Siliciummagnesium ($Mg_2Si + 4HCl = 2MgCl_2 + SiH_4$). Auch Geuther[2]) glückte es nicht, ein Bormagnesium darzustellen, durch welches er zum Borwasserstoff zu gelangen hoffte. Bei seinen Versuchen, Bormagnesium durch Einwirkung von Magnesium auf Borfluornatrium zu erhalten, beobachtete Geuther, daß in der Glühhitze Bor reducirt wird, welches sich jedoch nicht mit Magnesium verbindet, sondern der äußersten Schicht des Magnesiums anhaftet und beim Auflösen desselben in Salmiak als schwarzes Pulver zurückbleibt. Neuerdings sind die Versuche, eine Verbindung von Bor und Wasserstoff darzustellen, einerseits von B. Reinitzer[3]),

1) Annalen d. Chemie u. Pharm. Bd. 105, S. 69.
2) Jahresbericht der Chemie 1865, S. 125.
3) Ber. der deutschen chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 510, nach Monatshefte für Chemie 1880, S. 792—799.

andererseits von Francis Jones und R. L. Taylor[1]) wieder aufgenommen worden, und glaubt Ersterer einen festen Borwasserstoff erhalten zu haben, während die Letzteren über die Entstehung eines gasförmigen berichten.

Nach Reinitzer giebt die durch Einwirkung von Kalium auf Borsäure oder Borfluorkalium entstehende Masse, nachdem die Kalisalze ausgewaschen sind, an weitere Mengen Wasser Bor in dunkelgelber Auflösung ab. Nach Berzelius (Lehrbuch, 5. Aufl., I, S. 315) ist das gelöste eine allotropische Modification des Bors, nach Reinitzer ein fester Borwasserstoff, entstanden durch die Wirkung des Wassers auf Borkalium.

Aus den concentrirten Filtraten wurde durch Chlorcalcium ein zarter, grünlich-brauner Rückstand abgesondert; dieser wurde mit Alkohol gewaschen und über Schwefelsäure getrocknet. Das grünschwarze Pulver, sowie die feinsten Theile des Rückstandes auf dem Filter zeigten beim Erwärmen in einem Glaskölbchen plötzliches Erglühen und aus dem zur feinen Spitze ausgezogenen Halse trat ein entzündliches, mit grün umsäumter Flamme brennendes Gas.

Erhitzte man die im Platinschiffchen befindliche Substanz in einer mit Kupferoxyd beschickten Röhre, so sammelte sich Wasser in der vorgelegten Chlorcalciumröhre. Erst nach Verschwinden der grünen Flamme und Steigerung der Temperatur beginnt bei Ueberleiten von Sauerstoff die Verbrennung des Bors unter Verbreitung eines blendend weißen Lichtes. In drei Versuchen wurden 2,67, 2,35 und 1,65 Proc. Wasserstoff erhalten. Die Unreinheit der Masse gestattete somit nicht die Aufstellung einer Formel.

Francis Jones und R. L. Taylor theilen a. a. O. mit, daß ihnen die Darstellung eines Bormagnesiums auf verschiedenem Wege gelang. Dieses wurde theils durch Reduction geschmolzener Borsäure mit Magnesiumstaub, theils durch Erhitzen von amorphem Bor mit dem dreifachen Gewichte Magnesiumstaub im gut verschlossenen Tiegel oder im Wasserstoffstrome, oder durch Ueberleiten der Dämpfe von Borchlorid über erhitztes Magnesium erhalten.

---

1) Ber. der deutschen chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 1397, nach Chem. soc. 1881, p. 213—219.

Wird eines dieser Bormagnesium enthaltenden Reactionsproducte mit concentrirter Salzsäure tropfenweise versetzt, so entsteht unter starker Erwärmung heftige Entwickelung eines Gases, welches über Wasser oder Quecksilber aufgefangen werden kann und Borwasserstoff in einem großen Ueberschusse von Wasserstoffgas enthält. Das Gas ist farblos, von sehr charakteristischem, höchst unangenehmem Geruche. In mäßiger Menge eingeathmet, erzeugt es Ekel und Kopfweh. In Wasser ist es nur wenig löslich, ertheilt demselben jedoch seinen eigenthümlichen Geruch; die Lösung scheint auch durch langes Aufbewahren sich nicht zu verändern. Das Gas brennt mit glänzender grüner Flamme unter Abscheidung von Borsäure. Beim Durchströmen durch eine rothglühende Röhre wird es zersetzt, wobei sich Bor als brauner Ansatz anlegt, auch auf einer kalten Porcellanplatte scheidet sich Bor aus der Flamme des Gases ab. In Silberlösung erzeugt dasselbe einen schwarzen Niederschlag, welcher Bor und Silber enthält, doch setzt die freigewordene Salpetersäure weiterer Zersetzung bald ein Ziel. Der schwarze Niederschlag ist in Wasser etwas löslich und wird von heißem Wasser unter Entwickelung von Borwasserstoff zersetzt. Gleich Boräthyl und Bormethyl scheint Borwasserstoff direct mit Ammoniak eine Verbindung einzugehen, aus welcher Säuren wiederum Borwasserstoff frei machen. — Die Analyse des erhaltenen Gasgemisches ergab Zahlen, welche nicht gegen die Formel BH_3 zeugen.

Ueberborsäureverbindungen. — Um seine Ansicht, daß das Bor an die Spitze der Phosphor-Vanadingruppe gestellt werden müsse, zu stützen, hat A. Etard[1]) versucht, Borverbindungen darzustellen, welche sauerstoffreicher sind als die Borsäureverbindungen. Er glaubt, daß ihm dies durch folgende Versuche geglückt sei. Setzt man überschüssige, gesättigte Borsäurelösung zu krystallisirtem Baryumsuperoxyd, so verwandelt sich letzteres sofort in einen amorphen Körper, dessen Zusammensetzung die eines Bariumperborates von der Formel $BaH_4B_2O_7 + H_2O$ ist. Er ist weiß, amorph, unlöslich, verliert bei 100^0 1 Molekül Wasser, geht in dunkler Roth-

1) Ber. der deutschen chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 106, nach Compt. rend. XCI, p. 931.

gluth unter Wasser- und Sauerstoffabgabe in Baryumborat über und wird durch verdünnte Säuren sofort unter Sauerstoffentwickelung zersetzt. Ferner entsteht auf Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd zu Borsäurelösung oder zu einer ammoniakalischen Magnesiumsalzlösung keine Fällung, dagegen sofort ein reichlicher Niederschlag, wenn Wasserstoffsuperoxyd zu einer mit Borsäure versetzten ammoniakalischen Magnesiumsalzlösung gebracht wird. Der Niederschlag zersetzt sich jedoch schnell unter Sauerstoffentwickelung und es bleibt schließlich nur eine kleine Menge von Magnesia zurück. In beiden Fällen nimmt Etard eine Ueberborsäure B_2O_4 an, entsprechend der Vanadinverbindung Vd_2O_4.

Kohlenstoff.

Rhodanverbindungen; Gewinnung derselben aus Gaswasser. — Das Rhodan- oder Sulfocyanammonium findet sich bekanntlich in beträchtlichen Mengen im Wasser, welches zur Reinigung des Leuchtgases dient und aus den Condensatoren (Scrubbers) der Gasfabriken abläuft.

Vielfach sind Versuche angestellt worden, um eine passende Verwerthung dieser Verbindung zu finden, jedoch ohne bis jetzt nennenswerthe Resultate zu erlangen. Die Wichtigkeit der Frage der industriellen Verwerthung der Rhodanate geht daraus hervor, daß der Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen schon seit Jahren einen Preis ausgeschrieben hat für eine technisch durchführbare Methode, aus Rhodanammonium Cyankalium oder Blutlaugensalz zu gewinnen.

Kleine Quantitäten von Rhodanaten haben allerdings ihren Absatz gefunden, z. B. für photographische Zwecke oder nach J. Wagner's Vorschrift (Société industr. de Rouen, 3. année, p. 331) als Zusatz, um die Einwirkung des Eisens auf Alizarinroth zu verhindern. Der Verbrauch zu diesen Zwecken ist aber so gering, daß die bekannten Herstellungsmethoden vollständig ausreichen, um ihn zu decken, und es nicht nöthig wäre, eine andere Quelle für die Gewinnung dieses Productes zu suchen.

Storck und Strobel in Smichow-Prag glauben indessen annehmen zu können, daß die Rhodanate in kurzer Zeit

in bedeutendem Maße Anwendung finden werden, und theilen daher in den Berichten der österreichischen Gesellschaft zur Förderung der chemischen Industrie in Prag [1]) das Verfahren mit, welches geeignet sein dürfte, um diese Verbindungen aus dem Gaswasser zu gewinnen. Diese Flüssigkeit, welche, wie bekannt, zur Fabrikation des Salmiakgeistes und der Ammoniaksalze verwendet wird, enthält gewöhnlich, neben kohlensaurem, schwefligsaurem und unterschwefligsaurem Ammoniak, Chlor-, Schwefel-, Cyan- und Rhodan-Ammonium und in alkalischem Wasser lösliche, theerartige Substanzen. Setzt man bis zur Röthung des Lackmuspapieres Salzsäure hinzu, so treten unter heftigem Aufbrausen Kohlensäure und schwefelhaltige Gase aus, und es bildet sich ein gelblicher Satz. Gießt man in diese Lösung, nach vollständiger Klärung, Kupferchlorür oder das Doppelsalz, welches man durch Mischung von Kupferchlorid und saurem schwefligsauren Natron erhält, so bekommt man einen grauen Niederschlag von Kupferrhodanür, welcher alles vorhandene Rhodan enthält. Sammelt man diesen auf einen Filter, wäscht ihn gut aus und kocht ihn mit der gehörigen Menge Aetzbaryt, so erhält man, nach Trennung des Rückstandes, eine lichtgelb gefärbte Lösung von Rhodanbarium, welche nach genügender Concentration zum Krystallisiren gebracht wird.

Der kupferhaltige Rückstand kann zur weitern Herstellung von Kupferchlorid benutzt werden, und die ammoniakalische Lauge, aus welcher das Rhodankupfer entfernt worden ist, wird auf dem gewöhnlichen Wege auf Salmiak oder Salmiakgeist verarbeitet.

Aus dem Rhodanbarium lassen sich mit Leichtigkeit die anderen Rhodanate bereiten. Für die löslichen genügt der Zusatz von Sulfaten, wobei schwefelsaurer Baryt ausfällt. Die Rhodanate des Kupfers, Bleis, Silbers und Quecksilbers, welche unlöslich sind, erhält man als Niederschläge durch Zusatz eines löslichen Salzes der betreffenden Metalle.

Anwendung der Rhodanverbindungen in der Kattundruckerei. — Wird in die Lösung eines Rhodanats ein Strom Chlorigsäureanhydrid geleitet, so wird dasselbe

1) Vergl. Deutsche Industriezeitung 1879, S. 498.

rasch aufgenommen und es scheidet sich ein gelber Körper, das Persulfocyan, aus. Diese Eigenschaft führte nach Storck und Strobel zu dem Gedanken, die Rhodansäure als Schutzpapp für Anilinschwarz zu versuchen.

Rosenstiehl hat gezeigt, daß das Anilinschwarz durch Einwirkung eines dehydrogenisirenden Mittels, wie activen Sauerstoffs, Chlor und der unterhalb der Chlorsäure stehenden Oxydationsstufen des Chlors, auf Anilinsalz entsteht, und darauf hingewiesen, daß die zur Erzeugung des Schwarz angewendeten Gemische geeignet sind, Chlorigsäureanhydrid oder andere Oxyde des Chlors zu bilden. Die Entwickelung des Anilinschwarz durch die oben genannten Chlorverbindungen läßt sich veranschaulichen, wenn man in einer Glasflasche ein mit salzsaurem Anilin imprägnirtes Stückchen Kattun aufhängt und die Gase, welche beim Erhitzen von chlorsaurem Chromoxyd im Wasserbade sich entwickeln, hineinleitet. Nach einigen Minuten färbt sich der zuerst vollständig weiße Kattun broncegrün, dann wird er allmählich dunkler und endlich tief schwarz.

Es ist nun klar, daß, wenn man auf den Stoff eine Substanz aufdruckt, welche die Fähigkeit besitzt, diese Chloroxyde schnell zu absorbiren, ohne daß letztere auf das Anilinsalz einwirken können, das Schwarz auf den bedruckten Stellen sich nicht entwickeln kann. Zu diesem Zwecke hat man verschiedene Verbindungen vorgeschlagen, wie Natronlauge, Natronaluminat, Natronhyposulfit 2c., aber die meisten sind nur in beschränkten Fällen anwendbar und jedenfalls erfüllt keine derselben die nöthigen Bedingnngen in solchem Maße wie die Rhodanate. Ein Schutzpapp, welcher in 1 Liter Gummiwasser 50 Gramm Rhodankalium oder Rhodanammonium enthält, bildet in vielen Fällen eine vollständige Reserve gegen das Anilinschwarz. Da die Rhodanate sich beinahe bei allen Farben in Anwendung bringen lassen, so wird es möglich, jede beliebige Färbung unter Anilinschwarzüberdruck zu erzielen. Auf diese Weise können sämmtliche Anilinfarben gebraucht werden. Bei Anwendung der üblichen Recepte genügt es — man möge sich eines Albumin=, eines Tannin= oder eines Arsenverfahrens bedienen —, 50 bis 60 Gramm Rhodankalium oder Rhodanammonium pro Liter, oder, was für saure Farben sehr zu empfehlen, Rhodanblei zuzusetzen.

Rhodanaluminium. — Von besonderer Bedeutung erscheint die nach F. Storck und Dr. Laube[1]) im Zeugdruck neuerdings mehr und mehr Verbreitung findende Verwendung des Rhodanaluminiums zur Fixirung von Alizarinroth. Die Recepte, welche nach der Entdeckung des künstlichen Alizarins im Allgemeinen in Gebrauch kamen und wohl jetzt noch von den meisten Fabriken, welchen das neue Verfahren unbekannt ist, angewendet werden, schreiben mit unwesentlichen Modificationen die Mischung von Alizarinteig, Essigsäure, essigsaurer Thonerde und den nöthigen Verdickungsmitteln, wie Stärke und Tragantschleim, vor. Im Walzendruck zeigten sich bei Anwendung dieses Verfahrens große Uebelstände. Der unvermeidliche Contact der sauren Farbe mit den eisernen Achsen und der Stahlrackel hatte zur Folge, daß dieselbe stark angegriffen wurden; die entstandenen Eisensalze mischten sich mit der Farbe und bewirkten eine Verunreinigung der Nüance. Selbst durch Verzinnen oder Verkupfern der Rackel und der mit der Druckfarbe in Berührung kommenden Eisentheile oder durch Bestreichen derselben mit Firnissen rc. konnte man ein Eindringen der Eisenverbindungen in die Druckfarbe nicht vollkommen verhüten, auch erwies sich der von Wagner empfohlene Zusatz von Rhodankalium zur Druckfarbe, welcher die Fixirung des Eisens auf dem Stoffe verhüten sollte, zur Beseitigung des Uebelstandes, der offenbar durch die Gegenwart der freien Essigsäure bedingt war, nicht ausreichend. Gleichwohl durfte man bei Anwendung essigsaurer Thonerde auf den Zusatz freier Essigsäure nicht verzichten, da bei Weglassung derselben die Thonerde während des dem Drucke nachfolgenden Trocknens eine zu rasche Fällung erfuhr und infolge dessen auf der Baumwollfaser nicht genügend fixirt wurde, so daß der beim nachherigen Dämpfen sich bildende Alizarinlack beim Spülen und Seifen zum größten Theil wieder entfernt wurde. Es mußte also zur Beseitigung des Uebelstandes eine andere Thonerdeverbindung gesucht werden, welche nicht die leichte Zersetzbarkeit des Acetates besaß, aber doch seinen Thonerdegehalt beim Dämpfen an das Alizarin abgeben konnte.

Storck und Dr. Laube fanden nun, daß das Rhodan-

1) Deutsche Industriezeitung 1881, S. 330.

aluminium diese Eigenschaften im vollsten Maße besitzt; daß in einer neutralen Farbe, welche aus Alizarin, essigsaurem Kalk und Rhodanaluminium besteht, das Roth sich beim Dämpfen vollständig gut entwickelt und auch so befestigt wird, daß es beim Seifen nur wenig nachläßt. Es ist selbstverständlich, daß bei einer derartigen Zusammensetzung der Druckfarbe an eine Löslichkeit der Eisentheile nicht mehr zu denken und daß daher den oben angeführten Uebelständen durchaus abgeholfen ist, was mehrjährige Erfahrung im vollsten Maße gezeigt hat.

Dieses neue Verfahren ermöglicht eine wesentlich bessere Verwerthung des Alizarins durch die verlangsamte Bildung des Farbelacks und infolge dessen vollkommenere Befestigung, da der Lack nur beim Dämpfen sich entwickeln kann. Da überdies die Nadeln nicht angegriffen werden, so ist ein bedeutend reinerer Druck zu erzielen, als bei Anwendung der Acetate mit Essigsäure, wobei sich immer ein mehr oder weniger geschleppter Druck ergiebt.

Das Rhodanaluminium läßt sich sehr leicht durch doppelte Zersetzung herstellen. Man vermischt einfach eine Lösung von eisenfreier schwefelsaurer Thonerde mit der Lösung einer äquivalenten Menge Rhodanbarium und trennt den Niederschlag von schwefelsaurem Baryt durch Decantation oder Filtration. Zu empfehlen ist folgendes Recept: 3 Kilogr. schwefelsaure Thonerde (käufliche), 5 Liter Wasser und 4080 Gramm Rhodanbarium (käufliches). Die klare Flüssigkeit zeigt 19° Bé.

Das Rhodanbarium ist in beinahe chemisch reinem Zustande im Handel und da sich gegenwärtig infolge gesteigerter Nachfrage verschiedene Fabriken auf dessen Herstellung einrichten, so ist vorauszusehen, daß sich die Preise noch bedeutend vermindern werden. Die chemische Fabrik von E. de Haën in List vor Hannover liefert Rhodanbarium zu 280 Mark pro 100 Kilogr., resp. 3 Mark pro Kilogramm.

Silicium.

Neue Verbindungen des Silicium. — Wird krystallisirtes Silicium in einer Atmosphäre von Kohlensäure bis fast auf Weißgluth erhitzt, so absorbirt es, nach den Beob-

achtungen von P. Schützenberger und A. Colson,[1]) dieses Gas schnell. Wird dann die Kohlensäure erneuert, so lange noch Absorption stattfindet, so zeigt sich nach Beendigung des Versuchs das Silicium in eine weiße, leichte, grünliche Masse verwandelt, die noch etwas Silicium enthält. Dieses entfernt man leicht nach dem Pulverisiren durch Behandeln mit einer siedenden, mäßig concentrirten Lösung von kaustischem Kali. Der Rest wird theilweise von Fluorwasserstoffsäure angegriffen, welche Kieselerde auflöst, und es bleibt ein beträchtlicher Rückstand, welcher nach dem Waschen und Trocknen ein grünliches Pulver bildet, das weder von siedenden Alkalien, noch von Säuren angegriffen wird.

Auf Rothgluth in einem Sauerstoffstrome erhitzt, ändert sich der so isolirte Körper wenig und giebt nur 2 bis 3 Hundertstel seines Kohlenstoffs als Kohlensäure ab. Mit Bleiglätte oder einem Gemisch von chromsaurem Blei und Bleiglätte bis auf beginnende Rothgluth erhitzt, erzeugt er lebhaftes Glühen und entwickelt bedeutende Mengen Kohlensäure. Dieser letzte Versuch beweist, daß der Körper eine Kohlenstoffverbindung ist, obwohl er bei directer Verbrennung nur Spuren von Kohlensäure liefert.

Es wurden nun in der neuen Verbindung der Kohlenstoff und das Silicium der Menge nach bestimmt und Werthe erhalten, welche genau zur Formel (SiCO) führten, so daß die Bildung desselben nach der Gleichung

$$Si_3 + 2\,CO_2 = SiO_2 + 2\,SiCO$$

vor sich gegangen ist.

Derselbe Körper oder ein ihm analoger entsteht, jedoch viel langsamer und bei einer höheren Temperatur, durch die directe Vereinigung von Silicium und Kohlenoxyd. Dieses unerwartete Resultat eines Körpers, der 21,4 Proc. Kohlenstoff enthält, den der Sauerstoff bei Rothgluth nicht angreift, veranlaßte Schützenberger und Colson, einen Versuch Wöhler's zu wiederholen, bei dem krystallisirtes Silicium in einem Tiegel mit Kohlepulver umgeben auf Weißgluth erhitzt wurde. Bei gleicher Behandlung des Productes wie oben erhielten sie

---

1) Naturforscher 1881, Bd. 14, S. 354, nach Compt. rend., XCII, p. 1509.

einen bläulich-grünen, pulverförmigen Rückstand, der dieselben Reactionen zeigte, wie die oben gefundene Substanz, aber beim Glühen mit Bleiglätte oder dem Gemische aus chromsaurem Blei und Bleiglätte ein Gas entweichen ließ, das salpetrigsaure Dämpfe enthielt und Barytwasser trübte. Die Elementaranalyse ergab für diesen Körper die Zusammensetzung Si_2C_2N.

Die beiden ähnlichen Verbindungen $Si_2C_2O_2$ und Si_2O_2N erlauben die Annahme, daß ein vieratomiges Radical Carbosilicium Si_2C_2 existirt, welches wie der Kohlenstoff ein Bioxyd und eine Stickstoffverbindung giebt, die vergleichbar sind der CO_2 und dem CN.

Die Stickstoffverbindung des Carbosiliciums entsteht jedesmal, wenn man bis zur Weißgluth krystallisirtes Silicium erhitzt mit Kohlenstoff oder einem kohlenstoffhaltigen Körper in einer Stickstoffatmosphäre, oder Silicium in einem Strom von Cyangas.

Wenn man endlich krystallisches Silicium bis zur hellen Rothgluth in einem Porcellanschiffchen in einem Strom von reinem Stickstoff erhitzt, so wird dieses Gas absorbirt, und es entsteht ein weißer Körper, der nach Entfernung des überschüssigen Siliciums durch kochendes Kali und nach Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure einen unlöslichen Rückstand giebt, der die Zusammensetzung Si_2N_3 giebt.

Glas. — Die Färbungen, welche Eisen und Manganverbindungen dem Glase ertheilen, bespricht Max Müller.1) Es ist nach Müller eine alte, allgemein verbreitete, aber durchaus irrige Ansicht, daß das Eisen im Stande sei, dem Glase zweierlei Färbungen zu ertheilen, so daß das Eisenoxyd mit gelber, Eisenoxydul aber mit grüner Farbe von schmelzenden Glasflüssen gelöst werde. Die Ansicht, daß Eisenoxyd sich im Glase löse und dieses dadurch gelb färbe, beruht wohl auf dem Vorhandensein gelber, rother und brauner Emailen und Schmelzfarben, welche ihre Farbe lediglich dem Eisenoxyd verdanken. Das Eisenoxyd ist in diesen Glasuren aber nur fein vertheilt; sobald es sich zu lösen beginnt, verändert sich auch die Farbe, sie wird schmutzig, schließ-

1) Wagner's Jahresber. 1881, S. 469, nach Sprechsaal 1880, S. 201.

lich schwarzgrün. Daraus erklärt sich auch die Vorsicht, welche bei der Bereitung und dem Einbrennen dieser Farben beobachtet werden muß, da zu langes oder zu starkes Erhitzen eine Lösung des Eisenoxydes oder, wie man sagt, ein Verbrennen der Farben herbeiführt. M. Müller findet nun, daß Eisenoxyd, wenn es vom Glase gelöst wird, diesem nur eine rein grüne Färbung ertheilt. Sowohl hoch kieselsäurehaltige, als auch sehr basische Gläser nehmen, wenn sie geschmolzen mit Eisenoxyd vermischt werden, eine gleichmäßig grüne Färbung an, und zwar erfolgt die Lösung des Eisenoxydes jedesmal unter merkbarer Gasentwicklung, die wahrscheinlich vom Sauerstoff herrührt. Es geht demnach das Eisenoxyd bei Behandlung mit schmelzenden Glasflüssen in eine niedrigere Oxydationsstufe über, und diese wird von dem Glase mit grüner Farbe aufgenommen. Ob das Eisenoxyd hierbei völlig in Oxydul übergeht, hat sich durch die Analyse nicht sicher entscheiden lassen. Sehr basische Gläser enthalten jedenfalls neben Oxydul noch Oxyd und die Farbe ist mehr ein Blaugrün. Reine von Eisen freie Gläser erhalten durch Braunstein bekanntlich eine violette Farbe, so daß Natrongläser rothviolett, Kaligläser aber blauviolett werden. Durch reducirende Einflüsse geht dieses dunkle Violett in schwaches Rosa über. Die schwache Rosafärbung kommt sicher dem Manganoxydul zu; ob aber die intensive violette Farbe durch gelöstes Manganoxyd oder gar nach Bontemps durch Manganhyperoxyd bewirkt wird, ist zweifelhaft. Eisengrün und Manganviolett geben nun verschiedene Mischfarben. Bei der Herstellung weißer Gläser wird das fertige Glas in dickeren Schichten fast immer einen leichten grünlichen Stich, von einer ganz geringen Menge Eisen herrührend, zeigen, welcher nach Zusatz von etwas Braunstein dem Auge nicht mehr wahrnehmbar erscheint. Man wählt die Menge des letzteren so, daß das fertig geschmolzene Glas, schnell abgekühlt, einen leichten rosa Stich erkennen läßt, bei langsamer Abkühlung aber vollkommen ungefärbt erscheint. Die Wirkung des Braunsteins kann daher nicht auf eine Umwandlung des Eisenoxyduls in Oxyd zurückgeführt werden. Die Menge Eisen, welche sich auf diese Weise verdecken läßt, beträgt nur etwa 0,1 Proc.; bei höherem Gehalte zeigt das Glas einen dem Auge deutlich wahrnehmbaren

Stich, und selbst mit Hilfe des stark entfärbend wirkenden Nickeloxydes würde nur ein unangenehmer, unbestimmter, düsterer Ton erhalten werden. Von den Mischfarben, die sich mit Eisen und Mangan in Gläsern erzielen lassen, macht die Praxis den ausgedehntesten Gebrauch. Aus nachfolgender Tabelle ist das Verhältniß des Eisenoxyduls zum Manganoxyd in den gangbarsten Handelssorten ersichtlich. Zugleich wird darin auf den auffallenden Unterschied hingewiesen, welchen diese Gläser in der Farbe erkennen lassen, je nachdem sie im Hafen oder in der Wanne geschmolzen wurden.

In Procent		Farbe im	
Eisenoxydul	Manganoxyd	Hafenofen	Wannenofen
0,75	3,5	Hell lichtgelb	Grüngelb
1	2	Gelbgrün	Feuerig grün, Farbe d. Moselweinflaschen
2	2	Grüngelb, Farbe der Bordeauxweinflaschen	Fast ganz grün
2	4	Feurig goldgelb, Farbe der Madeiraflaschen	Gelbgrün
2,25	6,5	Hell gelbbraun, Farbe der Niersteinerflaschen	Heller, ohne Feuer
1	7—8	Dunkel orangebraun, feurig, Farbe der dunklen Rheinweinflaschen	Schmutzig von Farbe, heller, ohne besonderes Feuer

Mangan färbt demnach eisenhaltige Gläser bei passendem Mischungsverhältniß gelb; überwiegt das Eisen, so erhält man eine grüngelbe, bei Ueberschuß von Mangan eine satt orange, wohl auch ins Violette spielende Farbe. Dem Gemenge für die Wanne muß man einen größeren Zusatz von Braunstein geben, als für Hafenöfen. Trotzdem aber sind in der Wanne besonders braune Gläser von feurigem Ton nur schwierig zu schmelzen; für rein grüne Gläser wählt man aber besser die Wanne; kleine, durch die Brocken in das Glas kommende Mengen Mangan haben nur geringen Einfluß auf die Farbe. Das gleiche Gemenge giebt im Hafen nur ein Gelbgrün;

doch kann diesem Uebelstande durch nachträglichen Zusatz von Eisenoxyd abgeholfen werden. Der Unterschied dieses verschiedenen Verhaltens zwischen Hafen und Wanne kann nur auf die Einwirkung der Flamme zurückgeführt werden.

Bekanntlich werden die hier in Frage kommenden Farben während des Schmelzens verändert: dunkelbraune Farben werden heller, gelbe und gelbgrüne mehr grün. Diese Erscheinung ist stark bei Wannengläsern, weniger auffallend bei Hafengläsern; sie ist nicht abhängig von dem Eisengehalte, da die diesem entsprechende grüne Farbe durch Feuergase keine sichtbare Veränderung erleidet; sie wird aber erklärt durch das Verhalten der manganvioletten Glasflüsse, welche durch Reduction schwach rosafarben werden. Nun wird aber der Braunstein fast überall dem Gemenge zugefügt, welches außer Sand und Kalk noch Sulfat und Kohle enthält. Dadurch wird ein Theil des Mangansuperoxydes in Oxydul übergeführt, bevor noch die Verglasung völlig eingetreten ist; ein anderer Theil wird durch die Flamme reducirt, so daß im ungünstigen Falle trotz des hohen Mangangehaltes ein grünes Glas erhalten wird. Man soll daher den Braunstein erst dann zusetzen, wenn das Gemenge bereits niedergeschmolzen ist. Dieser späte Zusatz verhindert weder in der Wanne, noch im Hafen eine gleichmäßige Durchfärbung der ganzen Glasmasse, beugt aber einer unnöthigen Reduction des stark färbenden Manganoxydes zu schwach färbendem Manganoxydul in wirksamster Weise vor. Die Folge hiervon ist nicht nur eine bedeutende Ersparniß an Braunstein, die Methode gestattet auch, ganz geringwerthige Braunsteine, welche bisher zu Zwecken der Glasfabrikation keinerlei Verwendung haben finden können, in größerer Menge zu verschmelzen. Für den Glasfabrikanten ist zur Beurtheilung der Güte des Braunsteins die genaue Kenntniß des Mangan- und Eisengehaltes nicht allein entscheidend, der Werth desselben richtet sich nach der Menge des Mangansuperoxydes, welches darin enthalten ist. M. Müller hat ferner das Mangan leichtflüssiger, eisenhaltiger Gläser in einer Sauerstoffatmosphäre gänzlich in die stark färbende Oxydverbindung und dann durch längeres Erhitzen in Wasserstoff wieder in schwach färbendes Oxydul zurückgeführt. Ein Glas, welches 1 Proc. Eisenoxydul und 6 Proc.

Manganoxyd enthielt, erwies sich nach längerer Behandlung im Sauerstoffstrome als tief orangeroth, in dickeren Schichten vollkommen undurchsichtig gefärbt. In einer Wasserstoffatmosphäre geschmolzen, ging die Farbe in ein helles Braun, dann lichtes Gelb über und zuletzt, als voraussichtlich alles Manganoxyd in Oxydul übergeführt war, in ein völlig durchsichtiges, nur ganz lichtgelb gefärbtes Glas, welches im Sauerstoffstrome die frühere Farbenintensität wieder erlangte. Etwa 6 Procent Manganoxydul waren also im Stande, die stark grüne Farbe von 1 Proc. Eisenoxydul fast völlig zu verdecken. Der violetten Farbe des Manganoxydglases ist das Eisengrün nicht völlig complementär; beide geben ein lichtes Gelb, welches bei größerem Eisengehalte deutlich hervortritt. Manganoxydul färbt an sich zwar viel schwächer, größere Mengen desselben entfärben ein stark eisenhaltiges Glas aber weit vollständiger als Manganoxyd. Dem entsprechend lassen sich halbweiße Gläser durch Braunsteinzusatz in der Wanne weit besser entfärben und fallen reiner in Farbe aus, als dies im Hafen möglich ist; denn dort sind die Bedingungen zur Oxydulbildung günstiger als hier.

F. Siemens[1]) in Dresden (D. R. P. Nr. 11,055) bespricht eingehend ein Verfahren, um größere, unregelmäßig geformte Glaskörper, namentlich Eisenbahnschwellen, Mühlsteine u. dgl. möglichst haltbar herzustellen und zu kühlen. Die betreffenden Gegenstände werden in Metall- oder Sandformen gegossen und in Sand gebettet derart gekühlt, daß die Glasstücke möglichst nur von den parallelen Flächen aus, und zwar möglichst gleichmäßig, gekühlt werden. Nach Wood[1]) zeichnen sich so hergestellte Eisenbahnschwellen durch große Festigkeit aus. W. Siemens zeigt, daß flüssiges Glas sich bei 100° um 1,18 Procent ausdehnt.

Mechanisches Glasblasen. Ein Glasarbeiter, Namens Flechet,[2]) hat der Société nationale de mèdecine zu Lyon einen mechanischen Blasebalg vorgelegt, welcher nicht nur Lunge und Mund des Glasbläsers von schwerer Anstrengung befreien, sondern auch die Verbreitung ansteckender Krankheiten,

1) Wagner's Jahresbericht 1881, S. 474.
2) Sprechsaal 1881, Nr. 19, S. 204.

welche viel Unheil unter den Glasbläsern hervorrufen, soweit die Uebertragung des Krankheitsstoffes durch Benutzung einer und derselben Pfeife erfolgt, verhindern soll. Flechet giebt an, ein Patent auf seine Erfindung erlangt und dieselbe nun schon seit fünf Monaten in der Hütte Richarme verwendet zu haben. Er will mittels seines Apparates Glasflaschen ebenso schnell — etwa 600 Stück in 8 Arbeitsstunden — und in ebenso guter Qualität fertigen, als dies ein anderer geübter Arbeiter mittels der Pfeife in der bisher üblichen Weise vermag.

Natronsalze.

Der Sulfatofen von Jones und Walsh (vergl. dies. Jahrb. 1878, Bd. 14, S. 414), wie er in der Aussiger Sodafabrik für Natronsulfat und in der Fabrik von Vorster & Grüneberg in Kalk für Kalisulfat verwendet wird, hat sich nach Hasenclever[1]) keinen weiteren Eingang in Deutschland verschafft. Die mittels des genannten Ofens erzielte Ersparniß an Arbeitslohn und Schwefelsäure soll durch die häufiger nothwendig werdenden Reparaturen, den höheren Kohlenverbrauch und die schwierigere Condensation der Salzsäure compensirt werden.

Das Hargreaves'sche Verfahren der Sulfatbereitung (vergl. dieses Jahrbuch 1875, Bd. 11, S. 330, u. 1878, Bd. 14, S. 418) ist in Deutschland noch immer nicht eingeführt, doch sind in der „Rhenania" Versuche im Gange, den Proceß unter Anwendung von Steinsalz in Stücken zur Durchführung zu bringen.

Ueber einen neuen mechanischen Sulfatofen und ein Verfahren zur ununterbrochenen Erzeugung von Natriumsulfat von James Mactear. — Unter Erörterung der Einrichtungen und Mängel der bisher gebräuchlichen Sulfatöfen stellt Mactear[2]) folgende Punkte als für die Construction des Ofens maßgebende auf: 1. Eine

---

1) Chemische Industrie 1880, S. 240.

2) Chemische Industrie 1881, S. 253, nach Journal Society of Arts.

entsprechende Einfachheit und Stärke der etwa angewendeten Mechanismen. 2. Die leichte Zugänglichkeit zu allen dem Verbrauch und etwaigen Reparaturen unterworfenen Theilen. 3. Billige Arbeitsweise. 4. Ausschluß des Entweichens von Dämpfen. 5. Die Entleerung des Ofens von dem fertigen Sulfat unter Vermeidung des Entweichens von Dämpfen. 6. Einfache Einrichtung für regelmäßige Beschickung mit Säure und Salz.

Die durch mehrjährige Arbeit mit dem Mactear'schen Carbonisations- und Calcinationsofen gewonnenen Erfahrungen ließen das demselben zu Grunde liegende Princip auch als anwendbar auf die Construction des Sulfatofens erscheinen. Doch waren eine Reihe von Versuchen und Ausführungen von Entwürfen erforderlich, ehe zu befriedigenden, den gestellten Anforderungen genügenden Resultaten gelangt wurde. In dem im November 1879 patentirten Ofen ist das Problem gelöst. Es besteht dieser Ofen wie der bekannte Mactear'sche Carbonisationsofen aus einer kreisförmigen, auf radialen Armen ruhenden Herdsohle, die um eine verticale Achse über Räder sich dreht; die Räder bewegen sich über ein Geleise und das Ganze wird durch eine centrale Achse in der richtigen Lage erhalten. Die Herdzunge ist von einem auf einer Reihe von Pfeilern ruhenden Gewölbe überspannt und dem Entweichen von Säuredämpfen durch einen die kreisförmige eiserne Pfanne umgebenden Kitt vorgebeugt. Es besitzt dieser Ofen ferner, und zwar im Gegensatz zu dem Mactear'schen Carbonator, an der Stelle der centralen Entleerungsöffnung eine kleine äußere Pfanne, welche die dem Ofen zugeführten Quantitäten an Salz und Säure zunächst aufnimmt. Der Säurestrom ist ein constanter und wird durch ein Gleichgewichtsventil von einfacher Construction regulirt. Die Zufuhr von Salz erfolgt intermittirend und wird bewirkt durch eine Schraube, welche mit einem stets mit Salz gefüllten Trichter in Verbindung steht. Die Schraube selbst bewegt sich unter dem Antrieb eines regulirbaren Sperrrades, so daß die zuzuführende Salzmenge nach Bedürfniß zu ändern ist. Salz und Säure werden der erwähnten central angeordneten Pfanne beständig zugeführt; dieselbe füllt sich und der Ueberschuß fließt auf die Herdsohlen, ordnet sich dort in concentrischen Ringen

an oder wird auch durch eine besondere Vorrichtung noch weiter zertheilt, jedenfalls aber rückt die Masse entsprechend der Beschickung der centralen Pfanne immer mehr gegen die Peripherie der rotirenden Herdsohle vor und fällt, wenn sie dieselbe erreicht hat, durch eine Reihe von an der Peripherie vertheilten Canälen in einen ringförmigen, an dem Ofen selbst befestigten und daher ebenfalls rotirenden Canal. Derselbe bewegt sich in einer mit Kitt versehenen Vertiefung, so daß Säuredämpfe nicht zu entweichen vermögen. Von hier aus wird das Sulfat durch geeignete Instrumente nach einem Trichter geschoben und gelangt dann von diesem unmittelbar in die Waggons oder in Fässer. Die Herdsohle ist mit feuerfesten Steinen ausgelegt, die zuvor mit siedendem Theer getränkt und durch einen Cement verbunden sind, welcher unter dem Einfluß der Dämpfe des Sulfats und der höheren Temperatur das Ganze zu einer compacten Masse vereinigt, so daß die Ausführung der Einwirkung der in den Ofen eingeführten Materialien vollkommen widersteht. Zum Heizen des Ofens können Coaks, Kohle oder auch Generatorgas verwandt werden, doch ist sorgfältig auf eine vollständige Verbrennung zu achten, um den Eintritt von Ruß in die Condensatoren zu vermeiden, weil sonst, auch abgesehen von dem Brennstoffverlust, eine Verstopfung derselben zu befürchten sein würde. Der Hauptvortheil eines ohne Unterbrechung zu führenden Sulfatprocesses kommt wesentlich bei der Condensation zur Geltung. Der Betrieb ist ein so regelmäßiger, daß der hier erforderliche Wasserstrom, sofern er einmal der zu verarbeitenden Salz- und Säuremenge angepaßt ist, so lange unverändert bleibt, bis eine Aenderung in der Beschickung selbst eintritt. Es bieten sich hierbei durchaus keine Schwierigkeiten, die Salzsäuren in einer Concentration von 28° bis zu 30° Tw. zu gewinnen. Es sind hier keine Waschthürme erforderlich und doch ist der Verlust an Säure ein bei weitem geringerer, als der nach der Alkali-Acte zulässige. Schwache Säure wird überhaupt nicht producirt, so daß der Ofen in dieser Beziehung dasselbe wie ein Muffelofen leistet, und doch erreicht die Condensationsanlage an Ausdehnung nur die Hälfte derjenigen, wie sie beim Arbeiten in Muffelöfen gebräuchlich ist. Das bei diesem Ofen erzielte Glaubersalz

ist von Säuredämpfen fast vollkommen frei, und während der Ofen arbeitet, wird in der Nähe desselben keine Spur von Dampf beobachtet. Das Hervortreten des Sulfats aus dem Ofen erfolgt so regelmäßig, daß der Arbeiter in der Lage ist, die Menge der in den Ofen einzuführenden Säure hiernach genau zu bestimmen. Man hat keine Schwierigkeit, aus gewöhnlichem weißen Kochsalz mit Sicherheit ein Sulfat von 97 Procent zu erzeugen, und die Hindernisse, welche sich bisher der Verarbeitung des gemahlenen Steinsalzes in gewöhnlichen Oefen entgegenstellten, schwinden hier fast vollständig. Die in diesem Ofen zu verarbeitende Salzquantität hängt wesentlich von dem zur Verfügung stehenden Zuge ab. Der gegenwärtig in St. Rollox arbeitende Ofen, welcher, mit einem kleinen Schornstein verbunden, einen ungewöhnlich schlechten Zug hat, producirt pro Woche (in sieben Tagen) ungefähr 135 Tonnen, d. h. nahezu 10 Tonnen pro Schicht, und zwar aus gewöhnlichem, etwa 7 Procent Feuchtigkeit enthaltendem Salz. Bei besserem Zuge würde sich in diesem Ofen mit Leichtigkeit pro Stunde eine Tonne Sulfat erzeugen lassen.

Der Ofen besitzt 21 Fuß äußeren Durchmesser; zieht man die Fläche der kleinen Pfanne und die des äußeren etwa 12 Zoll breiten Ringes ab, so bleiben für die Fläche, auf welcher die Calcination sich vollzieht, etwa 251 Quadratfuß, was bei der Production von einer Tonne pro Stunde der Verarbeitung von etwa 10 Pfund pro Stunde und Quadratfuß entspräche. Das Sulfat kann willkürlich entweder in dem für die Glasfabrikation geeigneten feinpulverigen Zustande oder aber in stückigen Massen, wie sie für die Sodafabrikation sich eignen, gewonnen werden. Dieses Product besitzt für die Sodafabrikation noch den besonderen Vorzug, daß es von den halbgeschmolzenen Stücken, wie sie im Sulfat der gewöhnlichen Fabrikation sich sehr häufig finden, fast vollkommen frei ist. Solche geschmolzene Stücke sind aber in der Regel nur schwierig zu zersetzen, sie erheischen immer eine längere Führung des Processes und finden sich doch oft noch als unzersetzte Sulfatkerne in der fertigen Soda. Mactear erörtert dann noch eingehend Betriebsvortheile, welche dieser Ofen bei der für die Beschickung aufzubietenden Arbeit sowohl, wie auch bei der Befeuerung den älteren Oefen gegenüber gewährt, und faßt

die Vorzüge seines neuen Ofens wie folgt zusammen: 1. Erheblich verminderte Kosten in der Production des Sulfats; die Verminderung beträgt 30 Procent. 2. Wesentliche Verminderung der Handarbeit; es genügt gegen früher der vierte Theil der an dem Ofen beschäftigten Arbeiter und dieselben sind nicht wie sonst den Einwirkungen der Säuredämpfe ausgesetzt. 3. Da die Beschickung an Säure und Salz eine beständige ist, so gestaltet sich auch der Abzug der Dämpfe nach dem Condensator zu einem gleichmäßigen. Der Wasserzufluß bleibt gleichfalls derselbe und erfordert wenig Aufmerksamkeit. Der zur Aufstellung der Condensationsapparate erforderliche Raum ist etwa nur halb so groß wie der bei älteren Oefen. 4. Die Qualität des erhaltenen Sulfats ist gleichförmiger als die in gewöhnlichen Oefen zu erzielende. 5. Steinsalz läßt sich ebenso leicht wie gewöhnliches Salz verarbeiten, und in Anbetracht, daß ersteres frei von Feuchtigkeit ist, gestattet es selbst noch eine höhere Production als das gewöhnliche Salz. 6. Es ist zur Errichtung eines solchen Ofens ein bei weitem kleinerer Raum erforderlich, als für gewöhnliche Oefen (siehe oben). 7. Auch läßt sich ein auf mechanische Weise erzielter Zug, wenn dies wünschenswerth erscheinen sollte, benutzen.

Der Verfasser hofft, eine Gruppe van 6 solchen Oefen, von denen jeder etwa 150 Tonnen Sulfat pro Woche zu produciren vermag, bald zur Ausführung bringen zu können; sie sollen von einem höher gelegenen Vorrathsraume für das Salz mit Hülfe einfach mechanischer Vorrichtungen gespeist werden; ihre Entleerung soll sich nach Waggons hin vollziehen, welche direct nach den Sodaöfen hinrollen und in diese ihren Inhalt entladen. Eine derartige, mit geringen Kosten herzustellende Anlage würde mit einer oder zwei Hauptmaschinen, einem Meister, einem Maschinisten und höchstens acht Arbeitern zu betreiben sein.

Soda. — R. Hasenclever[1]) vergleicht die Herstellung der Soda nach dem Leblanc'schen Proceß und dem Ammoniakverfahren. Da der Sodaverbrauch in Deutschland noch die Production übersteigt und insbesondere infolge des Soda-

1) Vergl. Polyt. Journal 1881, Bd. 239, S. 55, nach Chemische Industrie 1880, S. 237.

zolles werden in Deutschland viele Sodafabriken erweitert, andere neu gebaut.

Bei diesen Neuanlagen wird aber nicht immer das alte Leblanc'sche Verfahren benutzt, sondern man richtet dieselben vielfach nach dem Ammoniakverfahren ein. Moritz Honigmann hat seine Fabrik in Grevenberg bei Aachen ausgedehnt und sein Verfahren der Firma Matthes & Weber in Duisburg übertragen. In Schalke ist die Ammoniaksoda-Fabrikation zeitweilig außer Betrieb, während in Rothenfelde und Nürnberg nach modificirtem Honigmann'schen Verfahren weiter gearbeitet wird. W. Siemens hat seine Versuche mit dem Groussilier'schen Verfahren aufgegeben. Die Apparate der Firma Wegelin & Hübener wurden bisher in Deutschland noch nicht eingeführt. Solvay & Comp. setzen demnächst ihre Fabrik in Wyhlen (Baden) in Betrieb und beabsichtigen eine große Anlage in der Nähe von Bernburg auszuführen. Außerdem fabriciren in Deutschland Ammoniaksoda nach eigenem Verfahren die Chemische Fabrik in Dieuze und der Verein chemischer Fabriken in Heilbronn, sowie in neuester Zeit Engelcke & Krause in Trotha. Die Ammoniaksoda-Fabrikation gewinnt also bedeutend an Ausdehnung, jedoch hat daneben auch die Sodafabrikation nach Leblanc in Griesheim, Rheinau und Stolberg erhebliche Erweiterungen erfahren; bei Höchst wird eine Schwefelsäure- und Sodafabrik von dem dortigen Farbwerke, vormals Meister, Lucius & Brüning, errichtet, und in der Gegend von Oberhausen beabsichtigt die chemische Fabrik „Rhenania" eine gleiche Anlage hauptsächlich für kaustische Soda auf Grund der Schwefelsäure aus Zinkblende auszuführen.

Bezüglich der Preisverhältnisse macht Hasenclever folgende Angaben: Beim Leblanc'schen Verfahren erfordern 100 Kilogramm Soda 400 Kilogrm. Kohlen, 150 Kilogrm. Kochsalz, 175 Kilogrm. Kalkstein, 110 Kilogrm. Schwefelkies, 1,5 Kilogrm. Salpeter und 2 Mark für Arbeitslohn. Vergleicht man hiermit den Bedarf für Ammoniaksoda nach Lunge (Soda-Industrie, S. 661) und berücksichtigt die beim Leblanc'schen Verfahren erhaltenen Nebenproducte, so ergiebt sich für 100 Kilogrm. 100procentige Soda folgende Berechnung:

	Für 1 Tonne Mk.	Kilo	Leblanc Mk.	Ammoniaksod Kilo	Mk.
Kohlen, gerechnet zu	8	400	= 3,20 . . .	210	= 1,68
Kalkstein, „ „	2	175	= 0,35 . . .	166	= 0,33
Salz, „ „	15	150	= 2,25 . . .	220	= 3,30
Schwefelkies „ „	20	110	= 2,20 . . .	—	= —
Salpeter, „ „	300	1,5	= 0,45 . . .	—	= —
Salmiak, „ „	300	—	= — . . .	5	= 1,50
Löhne			2,00 . . .		1,00
			10,45		7,81

Ab 250 Kilogrm. Salzsäure zu Mk. 1 = 2,50

„ 15 „ Schwefel zu Mk. 3 = 0,45 — 2,95

7,50.

Hierzu kommen noch auf beiden Seiten Reparaturen, Beleuchtung, Gehalte, Generalunkosten u. dgl. Ohne Rücksicht auf die Verwerthung der Nebenproducte ist die Ammoniaksoda billiger wie die Leblanc-Soda; auch stellen sich die Anlagekosten und Ausgaben für Reparaturen entschieden günstiger. Die Leblanc'sche Methode gewährt dagegen den Vortheil des größeren Spielraumes im Verkauf, wenn Schwefelsäure und Sulfat besser als Soda, oder Chlorkalk und Schwefel besser als Salzsäure zu verwerthen sind, während solche Zwischenproducte bei der Ammoniaksoda-Fabrikation nicht vorkommen. Die meisten deutschen Fabriken (Grevenberg, Nürnberg, Duisburg) arbeiten mit Steinsalz; steht billige Salzsoole zur Verfügung, so stellt sich die Ammoniaksoda wesentlich günstiger, es sei denn, daß das Brennmaterial an der betreffenden Stelle zu theuer käme.

Eine allgemein gültige Calculation läßt sich nicht aufstellen, vergleicht man aber die für den Leblanc'schen Proceß vortheilhafteste Lage mit der für die Ammoniaksoda-Fabrikation günstigsten Situation, so ergiebt sich zur Zeit kein wesentlicher Unterschied für die Herstellungskosten der Producte beider Verfahren.

Die Kausticirung der Sodalaugen bespricht eingehend R. W. Jonisch.[1])

Sodalaugen wurden früher und werden auch jetzt noch an vielen Orten kaustisch gemacht, indem man dieselben bis zu 1,08 oder 1,085 spec. Gew. verdünnt, durch eingeblasenen Dampf erhitzt, dann mit gebranntem Kalk versetzt, und die geklärte Lauge von dem gebildeten Calciumcarbonat abzieht. Hierbei finden jedoch infolge der Bildung von Natronkalk Verluste von Natron statt, die um so größer ausfallen, je weniger man die Lauge verdünnt, und eine Lauge von 1,100 spec. Gew. ist wohl die stärkste, welche auf diesem Wege noch kaustisch gemacht werden kann. Man hat sonach, um festes kaustisches Natron zu erhalten, eine große Menge Wasser zu verdampfen, wozu ein großer Aufwand an Brennmaterial erforderlich ist. Man kann rechnen, daß die Gewinnung einer Tonne Aetznatrons (von 70 Proc.) den Verbrauch von 3 bis 4 Tonnen erfordert.

Man hat nun schon wiederholt versucht, diese Kohlenverschwendung zu vermeiden, indem man es unternahm, concentrirtere Sodalaugen zu kausticiren. Alle Versuche in dieser Richtung hatten aber keinen rechten Erfolg, bis es endlich E. W. Parnell in Widnes gelang, einen brauchbaren Proceß auszuarbeiten. Derselbe stützt sich auf folgende Thatsachen: Die Bildung von Natronkalk findet beim Kausticiren einer Lauge von 1,16 bis 1,18 spec. Gewicht (32 bis 36° Tw.) nicht, oder nur in sehr geringem Maße statt, wenn man dieselbe während der Operation einer Temperatur von 140 bis 145° aussetzt. Dies ist natürlich nur durch gleichzeitig angewendeten Druck zu erreichen. Ob dieser selbst dabei eine Rolle spielt, ist noch nicht nachgewiesen. Es scheint, daß der Kalk bei steigender Temperatur ein wachsendes Bestreben entwickelt, als kohlensaurer Kalk auszufallen, bis dieses bei 145° die Tendenz Natronkalk zu bilden schon fast vollständig überwiegt. In höherer Temperatur bilden sich ja überhaupt lieber wasserfreie als wasserhaltige Verbindungen als Niederschläge. Diese Temperaturen sind jedoch nicht direct gemessen, sondern

1) Wagner's Jahresbericht 1881, S. 299, nach Chem. Industrie 1880, S. 376.

nur als dem vom Dampfkessel mitgetheilten Druck entsprechend angenommen, bedürfen daher noch gewisser Correctionen. Parnell benutzt zum Kausticiren einen horizontal aufgestellten Kessel von 32½ Fuß Länge und 7 Fuß (2,13 Meter) Durchmesser. Beide Enden sind halbkugelförmig, so daß der cylindrische Theil 25½ Fuß lang ist. Der Kessel enthält ein Rührwerk, welches von außen betrieben wird, und dessen horizontale Axe auf zwei Zapfenlagern und an zwei Stellen auf Friktionsrollen ruht. Oben auf dem Kessel befinden sich zwei Trichter mit Beschickungsöffnungen für den Kalk mit geräumigen Käfigen, welche durch von innen angedrückte Deckel verschlossen werden. Ferner ist der Kessel mit Einlaß- und Ablaßrohr für den Dampf versehen. Die Entleerungsöffnung für die kausticirte Lauge sammt dem Kalkbrei befindet sich am Boden, von wo aus dieselbe nach einem der zwei oder drei Filterbetten ablaufen kann.

Der Kessel ist bis zu einem Druck von 6 Atmosphären geprüft, so daß er den Operationsdruck von 3,5 Atmosphären mit aller Sicherheit aushalten kann. Die Beschickung des Apparates mit Lauge geschieht durch einen der Kalktrichter. Zugleich setzt man das Rührwerk in Bewegung und verdünnt die Rohsodalauge oder oxydirte rothe Lauge mit Wasser oder schwacher Waschlauge von den Filterbetten bis zu 35 oder 33° Tw. Man füllt den Kessel bis zu etwa ⅔ des Inhalts an, und hat dann eine Beschickung von etwa 20000 Litern. Man erhitzt dieselbe durch eintretenden Dampf bis nahe zum Kochpunkt, und fügt während der Zeit die nöthige Kalkmenge hinzu. Alsdann läßt man den Dampf kräftiger wirken, und schließt die Bodenklappen der Kalktrichter, welche zunächst durch Laufgewichte auf äußeren Hebelarmen, bald aber durch den im Innern entstehenden Druck geschlossen gehalten werden.

Parnell läßt den Dampfdruck, innerhalb 2 bis 2½ Stunden bis auf 5 Atmosphären steigen, während der Rührer 35 Umdrehungen in der Minute macht. Dadurch ist man in den Stand gesetzt, eine derartige Beschickung in 4 Stunden fertig zu stellen. Bei Beendigung der Operation öffnet man das Dampfauslaßventil, und läßt den Dampf in einen geschlossenen Wasserbehälter übertreten, in welchem derselbe

condensirt wird, und dadurch das darin befindliche Wasser vorwärmt, welches zur Verdünnung der nächsten Charge benutzt wird. Nachdem der Dampfdruck auf Atmosphärendruck gesunken ist, öffnet man auch die Kalktrichter und läßt den ganzen Inhalt des Apparats am Boden auf eines der Filterbetten ausfließen. Während der Operation sinkt die Stärke der Lauge gewöhnlich um 3 Tw., so daß man nach dem Klären und Abkühlen kaustische Lauge von 32 bis 30° Tw. erhält.

Dieselbe enthält 115 bis 100 Grm. Gesammt-Na_2O im Liter, wovon 90 bis 92 Proc. als kaustisches Natron, die übrigen 10 bis 8 Proc. aber noch als kohlensaures Natron vorhanden sind. Es kommen jedoch auch Chargen vor, welche viel schlechter kausticirt sind. Wenn irgend angänglich, so ist es vortheilhaft den Kalkbrei im Kausticirungskessel noch unter demselben Druck sich absetzen zu lassen. Parnell findet, daß er dadurch den Kausticirungsgrad bis auf 95 oder 96 Proc. steigern kann. Zum Verdampfen der so gewonnenen concentrirteren Lauge braucht man weniger Brennmaterial. Zur Gewinnung von 1 Tonne 70 procentigen Aetznatrons braucht man nur etwa 1½ bis 2 Tonnen Kohle. Die hierdurch erzielte Ersparniß ist natürlich von dem Preise der Kohlen abhängig; sie beläuft sich gegenwärtig in Widnes nach Parnells eigener Angabe ungefähr auf 12 Mark für 1 Tonne 70 procentiger kaustischer Soda.

Parnell's Apparat liefert in der Woche von 6 Tagen 70 Tonnen 70 procentigen Aetznatrons aus 35 Beschickungen.

Zu dem Kalkbrei, welcher auf dem Filterbett zurückbleibt, läßt man noch eine oder zwei andere Chargen fließen, ehe man ihn mit Wasser auswäscht. Derselbe enthält in dem Zustande, wie er aus dem Filterkästen entfernt wird, um dann im Rohsodaschmelzproceße an Stelle des Kalksteins benutzt zu werden, gewöhnlich etwa 50 Proc. Wasser und bei guter Arbeit nur 2 bis 3 Proc. kaustischen Kalk und höchstens bis 2 Proc. Na_2O.

Es ist eine weit verbreitete Ansicht, daß das im Kalkbrei zurückbleibende Alkali beim Rohsodaschmelzprocesse wieder gewonnen wird. Derselben steht jedoch die Meinung einiger Fabrikanten entgegen, nach welcher das im Kalkbrei enthaltene Alkali während des Sodaschmelzens ganz oder zum größten

Theil durch Bildung unlöslicher Verbindungen verloren geht. — Der Kalkverbrauch ist im Parnell'schen Proceß etwas höher, als im alten Verfahren, bei welchem man nach Beendigung der ersten Operation den Kalkbrei in der Kausticirungspfanne selbst sich absetzen ließ, dann die klare kausticirte Lauge abzog, und dann die neue Charge verdünnter Sodalauge auffließen ließ. Parnell verbraucht als Jahresdurchschnitt für 1 Tonne 70 procent. Aetznatron von Revolver-Rohsodalauge, welche nur 18 Proc. des gesammten Na_2O als Na_2OH enthielt, 712 Kilogramm Kalk.

Die weitere Behandlung der Aetzlauge findet sofort in den Schmelzkesseln statt. Man dampft in denselben ein, bis der Siedepunkt auf 121° gestiegen ist. Dies Eindampfen geht unter geringerer Schaumbildung von statten als früher, weil die Cyanverbindungen schon zum Theil während des Kausticirens zerstört sind, also jetzt nur noch geringe Ammoniakentwicklung stattfinden kann. Darauf fügt man soviel Chilisalpeter hinzu, daß nur noch eine Spur von Schwefelnatrium übrig bleibt, und dampft weiter ein bis zum Siedepunkt 149°. Nun läßt man abkühlen, wobei die sich ausscheidenden Salze in ein Sieb fallen, welches sich an den Boden des Kessels anschmiegt. Nachdem die Lauge kalt geworden ist, schöpft man sie von den Salzen ab, in einen anderen Kessel über zur directen Darstellung der kaustischen Soda. Das Sieb aber mit den Salzen wird mittels eines Dampfkrahnes aus dem Kessel gehoben, abtropfen gelassen, mehr oder weniger mit frischer Lauge gewaschen, und zur neuen Beschickung entleert. Die Salze werden auf Sodaasche verarbeitet. Nur selten hält man die sulfatreichen Salze, welche zuerst ausfallen, von den späteren getrennt, welche wesentlich Na_2CO_3 und $NaCl$ enthalten. Man zieht es vor, die Operation des Salzausnehmens nur einmal zu verrichten, und dadurch eine 46 bis 49 procentige Sodaasche zu erzielen. Eine Probe solcher Salze, welche im Juli 1879 aus einer Mutterlauge von kalt 84° Tw. (1,42 spec. Gewicht) gefischt worden, enthielt folgende Bestandtheile:

0,10 Unlösliches
31,38 Na_2CO_3
17,60 $NaOH$

17,28	Na_2SO_4
5,63	Na_2SO_3
1,92	NaCl
26,09	Wasser (Differenz)
100,00	(Glover).

Ein Muster von Sodaasche, welche durch Calcinirung ähnlicher Salze gewonnen wurde, die aus einer Mutterlauge von kalt 94° Tw. (1,47 spec. Gew.) gefallen waren, ergab im September 1879 folgende Zusammensetzung:

0,206	Unlösliches (Sand und Fe_2O_3)
49,390	Na_2CO_3 } = 14,178 Proc. Na_2O
23,600	NaOH }
0,098	Na_2S
10,093	Na_2SO_4
9,570	Na_2SO_3
Null	$Na_2S_2O_3$
4,738	NaCl
Null	Na_4FeCy_6
2,305	Wasser durch Differenz
100,000.	

Die große Menge dieser Salze, welche bei Parnell's Proceß fallen, ist nur dann von keinem Nachtheil, wenn man schwache Sodaasche verkaufen kann. Man ist aber mitunter gezwungen, einen Theil der gewonnenen Salze von Neuem wieder in den Proceß hineinzuschicken. Für die Tonne 70-procentiges Aetznatron fallen soviel Salze, daß man daraus manchmal mehr als 600 Kilogramm calcinirte Sodaasche erhält. Parnell selbst reducirt die Menge der Salze durch partielles Wiederauflösen zu 200 Kilogramm für die Tonne 70-procentigen Aetznatrons. Ein Muster derselben, welche natürlich als Sulfat verarbeitet werden, enthielt im trockenen Zustande (August 1879):

21,0	Procent	Gesammt-Na_2O
0,1	„	NaCl
63,1	„	Na_2SO_4.

Während des Kausticirungsprocesses wird der Gehalt der Lauge an Cyanverbindungen beträchtlich vermindert. Nun hat Parnell in dem Dampf, welcher bei Beendigung der Operation aus dem Apparat entweicht, Ammoniak gefunden, und dessen Gewinnung vorgeschlagen.

Die Entstehung des Ammoniaks findet hier augenscheinlich auch nach der von A. W. Hofmann aufgestellten Formel

$$NaCN + 2H_2O = NaCHO_2 + NH_3$$

unter gleichzeitiger Bildung von ameisensaurem Natron statt, da Ferd. Hurter schon bei anderer Gelegenheit eine derartige Zersetzung des Cyannatriums in den Rohsodalaugen in Ammoniak und Ameisensäure, der obigen Formel entsprechend, thatsächlich beobachtet hat. Ob sich auf diese Zersetzung von Cyannatrium eine Fabrikation von Ammoniak wird gründen lassen, muß die Zukunft lehren.

Um den mancherlei Nachtheilen oder Unbequemlichkeiten des Parnell'schen Processes aus dem Wege zu gehen, hat man neuerdings versucht, Sodalaugen von 27° bis 32° Tw. ohne Anwendung von Druck zu kausticiren, in offenen Gefäßen mit sehr lang anhaltendem Rühren durch Einblasen von Dampf und Luft. Obgleich dies Verfahren schon in einigen Fabriken in Widnes mit zufriedenstellendem Resultat befolgt wird, so trägt es doch noch den Charakter des Experimentirens.

Darstellung chemisch reiner Soda von H. Endemann und A. Prochazka.[1]) — Nach der Beobachtung von Gerresheim wird aus einer Sodalösung alles etwa vorhandene Chlor sowie die Schwefelsäure vollkommen abgeschieden durch Schütteln derselben mit der Millon'schen Basis, das Product, welches man erhält durch Einwirkung von Ammoniak auf Quecksilberoxyd. Die Verfasser haben diese Reaction mit Erfolg benutzt zur Darstellung reiner Soda. Sie schüttelten zu dem Zweck etwa 2 Lit. der Sodalösung mit 30 Grm. der Basis und zwar ein- bis zweimal täglich während einer Woche. Da aus der Millon'schen Basis durch Auswaschen das freie Ammoniak nicht vollständig zu beseitigen ist, so zog man vor, dasselbe durch Zusatz von Quecksilberoxyd zur Sodalösung zu binden.

---

1) Die chemische Industrie 1880, Bd. 3, S. 273.

Heizung mit Natronsalzen von A. Niefke. — Bereits im vorigen Jahre wurde essigsaures Natron zum Erwärmen der Eisenbahnwagen auf der Paris-Lyon-Mittelmeerbahn und auf der London und North-Western Bahn in Anwendung gebracht (Ancelin's DRP. 12678). Der deutsche Patentinhaber, A. Niefke[1] in Dresden, verwendet jedoch nicht essigsaures Natron allein, sondern ein Gemisch desselben mit unterschwefligsaurem Natron. Vielfache Versuche, sagt er in seiner Patentschrift, haben dargethan, daß einige Natriumsalze nach Erhitzung eine große latente Wärmemenge enthalten und die Wärme beim Auskrystallisiren nur langsam wieder abgeben. Dies sind namentlich das unterschwefligsaure und das essigsaure Natron. Das erstere schmilzt schneller als das zweite und verhindert dieses, bei einer Mischung beider, am zu schnellen Auskrystallisiren. Die für praktische Zwecke besonders geeignete Mischung beider Salze erfolgt im Verhältniß von 1 Volumen essigsaurem und 10 Volumen unterschwefligsaurem Natron. Die zu Wärmereservoiren bestimmten Gefäße werden mit dieser Masse ungefähr zu 3/4 gefüllt und hierauf die Deckel verlöthet. Bei Verwendung der Gefäße werden dieselben in siedendes Wasser getaucht, bez. in einen heißen Ofen gestellt, bis die Füllung geschmolzen ist. Letzteres erkennt man daran, daß beim Schütteln eine Bewegung im Innern des Gefäßes, wie es bei Vorhandensein von Krystallen der Fall wäre, nicht hörbar ist und der Inhalt den Eindruck einer flüssigen, compacten Masse macht. Die Wärme hält dann 8 bis 15 Stunden, je nach Größe der Apparate, gleichmäßig an. Die Füllung bleibt Jahre lang brauchbar.

Fußwärmer für Eisenbahnwaggons, welche für die genannten Füllungen eingerichtet sind, erhalten quer durchgehende Röhren und dadurch größere Abkühlungsflächen; sie bleiben ca. 12 Stunden lang warm. Bei Fußwärmern für andere Wagen, Fußböden ꝛc. bleiben diese Querröhren fort. Für medicinische Zwecke können Rücken-, Leib-, Brustwärmer ꝛc. mit derselben Füllung angewendet werden, und wird diese Wärme, da dieselbe gleichmäßig stundenlang anhält, namentlich für Kranke empfohlen.

---

1) Deutsche Industriezeitung 1881, S. 370.

Weitere Verwendung finden diese Wärmereservoire in der Form einer kleinen vernickelten Messingkugel, welche im Paletot, Muff, Pelz ꝛc. leicht in der Hand zu tragen ist und im Winter, nach vorherigem Eintauchen in heißes Wasser mitgenommen, eine angenehme intensive Wärme erzeugt.

Die Apparate, die bereits in Deutschland wie im Ausland Verbreitung gefunden haben, sind zu mäßigen Preisen zu beziehen durch Patentanwalt A. Wolff in Dresden und Hoflieferanten Gebr. Eberstein, von letzterem auch einzeln.

Kalisalze.

Ueber eine Potaschefabrikationsmethode von E. Engel.[1]) Kaliumchlorid kann direct in Carbonat nach folgendem Verfahren umgewandelt werden. Man setzt einer wässerigen Lösung von Kaliumchlorid Magnesia oder Magnesiumcarbonat zu und behandelt das Gemenge mit Kohlensäure. Es bildet sich zunächst Magnesiumbicarbonat, welches sich auflöst und nun mit dem Chlorkalium sich umsetzt zu Chlormagnesium und einem krystallinisch sich abscheidenden Doppelsalz, $MgCO_3 . KHCO_3$:

$$3 MgCO_3 + 2 KCl + CO_2 = 2 (MgCO_3 . KHCO_3) + MgCl_2.$$

Dieses Doppelsalz, das schon von Berzelius und St. Claire Deville aus Magnesia und Kaliumbicarbonat dargestellt worden ist, wird durch Erhitzen mit Wasser in Kaliumcarbonat und sich ausscheidendes Magnesiumcarbonat zerlegt. Bei diesem Proceß entgeht ein Theil des Chlorkaliums der Umsetzung. Man dampft daher die vom Doppelsalz resultirende Mutterlauge ein und läßt entweder Carnallit oder Chlorkalium auskrystallisiren. Das Verfahren ist patentirt und wird augenblicklich im Großen in einer Versuchsfabrik zu Montpellier ausgeführt.

---

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 393, nach Compt. rendus, XCII, p. 725.

Alkalische Erden.

Die Strontianit-Gewinnung [1]) im westphälischen Regierungsbezirk Münster nimmt an Umfang zu. Der gewonnene Strontianit soll zu einem nicht unbeträchtlichen Theile in Aetzstrontian übergeführt werden und dieser zur Entzuckerung der Melasse nach Scheibler'schem Verfahren Verwendung finden. Ein kleiner Theil soll auch zur Darstellung irisirender Gläser verbraucht werden.

Tripolith [2]), ein Ersatzmittel für Gyps, Cement &c. als Baumaterial wie zu Verbänden, das härter und gegen die Einflüsse der Witterung und der Feuchtigkeit beständiger sein soll als Gyps, stellen Gebr. von Schenk in Heidelberg und Zürich nach dem Reichspatent von B. v. Schenk aus einem Gemenge von fein gepulvertem natürlichen Gypsstein, kieselsaurer Thonerde, Koke und Glühspan her, welches eine gewisse Zeit lang in einem Kessel erhitzt und dann rasch abgekühlt wird (nach dem englischen Patent Nr. 650 vom 14. Februar 1880, besteht die Masse dagegen aus einem innigen Gemisch von 9,55 Thln. Calciumsulfat, 1 Thl. Kohlenpulver und 0,6 Thln. Eisenhammerschlag). Nach der deutschen Patentschrift wird der in den unteren Schichten der Gypssteinbrüche lagernde, stark mit kieselsaurer Thonerde durchaderte und bisher meist nicht benutzte Gypsstein in rohem Zustande mit kieselsaurer Thonerde im Verhältniß von 3 Thln. Gypsstein zu 1 Thl. kieselsaurer Thonerde zusammengemahlen und dann mit gepulvertem Hochofenkoke im Verhältniß von ungefähr 9 Thln. des Pulvers von Gypsstein und kieselsaurer Thonerde zu 1 Thl. Koke innig vermengt. Statt der Hochofenkoke kann auch Gaskoke verwendet, dann müssen aber auf 10 Theile Koke 6 Theile Glühspan oder Hammerschlag beigefügt werden. Diese innig gemengte Masse wird ohne Wasserzusatz in einem Kessel unter beständigem Umrühren zur Verdampfung der in der Masse enthaltenen Feuchtigkeit bis zu 120° C. langsam erhitzt. Nach der Verdampfung wird die Hitze bis 260° C. gesteigert. Die Masse, die eine graue Färbung angenommen hat, wird nun aus dem Kessel abge-

1) Chemikerzeitung 1881, S. 335.
2) Deutsche Industriezeitung 1881, S. 270.

lassen und mit Hilfe eines Cylindersiebes von 4 Millimeter Maschenweite abgekühlt. Das Sieb muß sich schnell drehen, so daß z. B. ein Sieb, welches 4 Cubikm. Material enthält, in drei Minuten leer ist. Das abgekühlte Material darf nicht auf einem Haufen liegen bleiben, muß vielmehr ausgebreitet werden. Wenn es beim ersten Mal nicht auf 25° C. abgekühlt ist, so muß es noch einmal das Cylindersieb passiren, bis seine Temperatur auf 25° C. gesunken ist. Dann kann es für den Versandt verpackt werden. Will man die Masse zur Herstellung von Abgüssen, Statuen 2c. benutzen, so wird sie ohne weitern Zusatz in derselben Weise wie Gyps mit Wasser angerührt und in Formen gegossen. Nach fünf Minuten hat sich die Bindung vollzogen; dieselbe kann jedoch durch größern Zusatz von Wasser länger hingehalten werden. Die Masse läßt sich auch für Verbandzwecke verwenden. Sie eignet sich hierzu besser als Gyps, da sie doppelt so fest ist wie dieser, also in nur halb so dicker Schicht aufgetragen zu werden braucht, außerdem aber auch ein geringeres Gewicht hat. Bei der Anwendung für Bauzwecke kann man folgende Mischungen gebrauchen:

Mischung I. 1 Thl. Masse und 1 Thl. feiner Sand, oder
Mischung II. 1 Thl. Masse, 1 Thl. Kalk und 1 Thl. feiner Sand;
Mischung III. 1 Thl. Masse, 2 Thle. grober, gewaschener Flußsand;
Mischung IV. 1 Thl. Masse, 1 Thl. Kalk.

Für wasser- und feuerfesten Verputz ist Mischung I und noch mehr Mischung III zu empfehlen. Für Rauh- und Glattverputz sind alle vier Mischungen zu benutzen; der Kalkzusatz in Mischung IV macht den Verputz weniger haltbar, ist aber zu empfehlen, wenn der Verputz später bemalt werden soll.

Ueber die Verwendung des Tripolith zu Verbänden liegen günstige Urtheile hervorragender Autoritäten vor. So bemerkte Geh. Ober-Medicinalrath Prof. Dr. von Langenbeck in einem Vortrag, den er darüber in der Berliner medicinischen Gesellschaft hielt, u. A. folgendes. Die Vortheile, die der Tripolith vor dem Gyps voraus haben dürfte, sind folgende: 1. Tripolith scheint aus der Luft weniger Feuchtigkeit aufzunehmen und seine bindenden Eigenschaften nicht einzubüßen,

wenn es länger mit der Luft in Berührung ist. 2. Die Tripolithverbände sind leichter und für den Kranken angenehmer. Vollständig trockener, gegossener Tripolith ist etwa 19 Proc. leichter, als dasselbe Volumen gegossenen und vollständig trockenen Gypses. 3. Die Tripolitherverbände erhärten schneller. Während ein Verband mit bestem Gyps ausgeführt in der Regel 10 bis 15 Minuten gebraucht, bevor er ganz hart ist, bei feuchtem Wetter aber oft stundenlang weich bleibt, erhärtet der Tripolithverband in 3 bis 5 Minuten vollständig. Dabei giebt der Tripolithverband noch längere Zeit Wasser ab und ist nach 24 Stunden noch feucht anzufühlen. 4. Einmal erhärtet und trocken, nimmt der Tripolithverband kein Wasser mehr auf. Ein Stück gegossenen und trockenen Tripoliths, in Wasser gelegt, verändert sich nicht. Es wird möglich sein, mit einem erhärteten Tripolithverbande ohne weiteres baden zu lassen, vorausgesetzt, daß man das Eindringen des Wassers unter dem Verband durch Kautschukbinden verhindert. 5. Tripolith ist (das Kilo etwa um 4 Pfg.) billiger als Gyps.

Die Fabrikanten des Tripolith führen über die Haupteigenschaften desselben in einer Broschüre folgendes an: 1. Tripolith steht hinsichtlich seiner Eigenschaften zwischen Gyps und Cement; mit den Vortheilen des erstern verbindet dieses Material eine ungemeine Härte und Widerstandsfähigkeit, die noch zunimmt, je älter es wird. Die Bindefähigkeit ist weder von Gyps noch Cement erreicht; auch kann dieselbe vollständig regulirt werden, und zwar zwischen 4 und 15 Minuten. Die Resultate der Verarbeitung sind denen von Gyps und Cement überlegen, das Material trocknet schneller wie Gyps, der Guß ist durch eine jede Art von Form zu bewerkstelligen, gleichviel ob dieselbe aus Metall, Gyps, Leim, Gelatine und dergl. besteht; Abgüsse können nach 10 Minuten die Form verlassen. Tripolith verfriert selbst im frisch gegossenen Zustande nicht und trotzt allen Witterungseinflüssen. Der Abguß wird leichter wie der Gypsabguß, der Farbenton ist ein wärmerer, das Material verträgt unausgesetzte Abwaschungen mit Lauge und Seife und bekommt durch den zweimaligen Anstrich von Oelfarbe, die darauf sehr gut hält, eine sehr hohe Festigkeit. Es treibt nur unbedeutend und reißt nie,

ist viel geschmeidiger und leichter als Gyps zu behandeln, woraus sich seine vorzügliche Verwendbarkeit zum Formen, Modelliren, Gesimsziehen und sonstigen Bauarbeiten ergiebt.

Danach soll Tripolith über 100 Proc. fester sein als Gyps, auch soll die Festigkeit mit dem Alter des verarbeiteten Materials noch zunehmen. Im Wasser zerfällt Tripolith nicht, sondern bleibt eine harte, hellklingende Masse.

Gebrüder Schenk liefern den Tripolith ab Fabrik in Heidelberg zu folgenden Preisen: Für Stuckzwecke pro 50 Kilogr. 3,80 Mark., für Bauzwecke pro 50 Kilogr. 1,95 Mark, Auch liefern dieselben Proben.

In mehreren bautechnischen Zeitschriften, so der Deutschen Bauzeitung, der Baugewerbezeitung rc. wird die Anwendung des neuen Materials in der Bautechnik empfohlen; auch finden sich in der Baugewerbezeitung (1881 Nr. 8) sehr specielle Mittheilungen über das bei Verwendung von Tripolith einzuschlagende Verfahren. Nach dem neuesten Handelsberichte von Gehe & Comp. in Dresden hat die lebhafte Nachfrage in den letzten Monaten sehr nachgelassen.

Leuchtende Sulfure der Erdmetalle. — Leuchtender Anstrich. In England hat seit kurzer Zeit ein von dem Chemiker Balmain[1]) erfundener Anstrich Verwendung gefunden, welcher die Eigenschaft hat, nach vorhergegangener Belichtung im Dunkeln nachzuleuchten. Dieser Anstrich ist vielleicht identisch mit demjenigen, welchen H. B. Rémitz in Paris zur Herstellung seiner leuchtenden Zifferblätter verwendet. Rémitz ließ sich in Deutschland für diesen Zweck die Anwendung von Verbindungen des Schwefels mit Uran, Calcium, Barium, Strontium, Magnesium, Aluminium rc. patentiren, die mit Terpentinöl oder Alkoholfirniß auf das Zifferblatt aufgetragen werden, welchen Stoff er aber wirklich als den zweckmäßigsten befunden hat, ist aus der Patentbeschreibung nicht zu ersehen.

Prinz T. P. de Sagan, W. F. Mac Carty und E. Pfeiffer[2]) in Paris (D. R. P. Nr. 6693) wollen zur Herstellung leuchtender Pulver 100 Theile kohlensauren und

---

1) Deutsche Industriezeitung 1881, S. 36.
2) Wagner's Jahresber. 1880, S. 953.

phosphorsauren Kalk, welcher durch Glühen von Muscheln, namentlich von Tridama und Sepia erhalten wurde, mit 100 Theilen gebranntem Kalk mischen, dann 25 Theile calcinirtes Seesalz und 25 bis 50 Procent der ganzen Masse Schwefel hinzufügen. Nun werden noch 6 bis 7 Proc. eines Farbstoffes, bestehend aus einer Schwefelverbindung von Calcium, Strontium, Barium, Magnesium, Aluminium, Uran oder anderen Stoffen, zugesetzt, welche ebenfalls nach der Belichtung im Dunkeln leuchtend werden. In gewissen Fällen soll auch noch aus Seetang gewonnener Phosphor zugesetzt werden. Dieses Pulver soll nun mit einem Firniß gemischt aufgetragen und mit einer Glasplatte bedeckt werden, um zur Beleuchtung von Bojen, Compassen, Barometern, Schildern u. dgl. angewendet zu werden. Es kann auch bei der Herstellung verschiedener Gegenstände aus Papierbrei, künstlichem Elfenbein u. dgl. auf diese aufgestreut und durch Pressen auf der Oberfläche derselben befestigt werden. Das Pulver soll ferner mit Collodium, Leim, Stearin, Wasserglas u. dgl. gemischt und zu dünnen Platten ausgewalzt zum Belegen verschiedener Gegenstände verwendet, ja selbst mit flüssigem Glase gemischt und geformt werden. Unter dem Einflusse eines elektrischen Stromes sollen einige dieser Pulver besonders stark phosphoresciren.

Nach J. Gädicke[1]) sind die leuchtenden Pulver oder Leuchtsteine der chemischen Zusammensetzung nach Verbindungen eines alkalischen Erdmetalles mit Schwefel, Sauerstoff und einer geringen Menge Wasser. Die reinen Schwefelverbindungen leuchten gar nicht. Es ist indessen die chemische Zusammensetzung allein nicht maßgebend für die Leuchtkraft, da von zwei Substanzen gleicher Zusammensetzung die eine leuchten kann, während es die andere nicht thut. Es hängt vielmehr das Leuchten außer von der richtigen chemischen Zusammensetzung noch von einem bestimmten Molecularzustande ab. Daher kommt es auch, daß z. B. ein aus gebrannter Perlmutter hergestellter Leuchtstein besser leuchtet, als ein solcher von gebrannten Austernschalen, daß ferner Kalkhydrat, als Material genommen, ein anderes Resultat liefert, als Arragonit, obgleich in allen

1) Deutsche Industriezeitung 1881, S. 241.

diesen Fällen Producte von gleicher chemischer Zusammensetzung resultiren. Die chemische Analyse allein kann demnach zu keinem Resultat führen, und daher hat man auch die neuerdings rasch bekannt gewordene Balmain'sche Masse noch nicht nachgemacht.

Gädicke hat, nachdem er die vorhandenen Vorschriften durchprobirt hatte, in etwa achtmonatlicher Arbeit 250 eigene Versuche machen müssen, um ein brauchbares Product zu erlangen. Er ist dabei zu dem Resultate gekommen, daß man den erforderlichen Molecularzustand auch auf künstlichem Wege erreichen kann, wenn man mit chemisch reinen Materialien arbeitet. Es ist auf diesem Wege auch möglich, die Substanz bis in die innersten Theile leuchtend zu bekommen, so daß man dieselbe, ohne ihrer Wirkung zu schaden, zum feinsten Pulver zerreiben kann, was bei der Verwendung als Anstrichfarbe wesentlich ist.

Der Leuchtstein ist eine in Wasser unlösliche Substanz, die von den gewöhnlichen atmosphärischen Einflüssen fast gar nicht angegriffen wird. Die Wirkung des Lichtes auf den Leuchtstein ist mit dem Anschlagen einer Glocke zu vergleichen. Eine momentane Erregung bringt die Glocke zum Tönen und der Ton klingt eine gewisse Zeit nach, wird immer schwächer, bis er endlich ganz verschwindet. So auch beim Leuchtstein. Durch eine momentane Beleuchtung erregt, leuchtet er anfangs stark, dann schwächer und schwächer, bis er zuletzt nur noch von dem vollständig geruhten Auge in tiefster Finsterniß wahrzunehmen ist, um endlich ganz zur Ruhe zu kommen. Das Nachleuchten des Leuchtsteines ist von viel längerer Dauer, als das Nachklingen der Glocke, da das Schwingen des Lichtes ein viel feinerer Proceß ist, als das Schwingen des Metalles beim Tönen. Die meisten Lichtquellen sind im Stande, den Leuchtstein zu erregen, z. B. Petroleumlicht, Gaslicht, ja sogar ein brennendes Streichholz. In diesen Fällen muß man allerdings den Leuchtstein in die nächste Nähe der Lichtquelle bringen. In hohem Grade erregen Magnesiumlicht und elektrisches Licht, am besten aber das Tageslicht. Gar nicht wirkt eine durch Kochsalz gelb gefärbte Weingeistflamme, dagegen wirkt eine durch Kupfer blau-grün gefärbte Weingeistflamme erregend. Unter den Strahlen des Sonnenspectrums sind es die

ultravioletten und die violetten, welche am stärksten erregen. Nach dem Gelb zu nimmt die Wirkung ab. Das Merkwürdigste aber ist, daß die Strahlen von der entgegengesetzten Seite des Spectrums, Gelb und Roth, die Wirkung der violetten Strahlen aufheben, indem sie das durch diese hervorgerufene Leuchten auslöschen, resp. bedeutend abschwächen. Aehnliche Verhältnisse walten ob, wenn man den Leuchtstein mit farbigen Gläsern bedeckt. Da Wasser den Leuchtstein nicht verändert, und da sein Leuchten keine Verbrennung ist, er also der atmosphärischen Luft nicht bedarf, so leuchtet er auch unter Wasser. Eine eigenthümliche Wirkung übt die Wärme auf eine vorher belichtete Leuchtsteinfläche aus. Sie bewirkt ein starkes Aufleuchten, d. h. das bisher langsam abgegebene Licht wird, je nach dem Grade der Erwärmung stärker leuchtend, mehr oder weniger rasch abgegeben, und dafür hört die Fläche früher auf zu leuchten, als sie dies ohne Erwärmung gethan hätte.

Die Dauer des Leuchtens wird von verschiedenen Beobachtern verschieden angegeben. Osann giebt dieselbe zu 34 Minuten, Daguerre zu 48 Stunden, Grotthus sogar zu 10 Tagen an. Wieviel dabei auf mangelhafte Beobachtung zu rechnen ist, mag dahingestellt sein. Nach Gädicke's Beobachtungen leuchten die heutigen besten Leuchtsteine etwa 19 Stunden; es gehört aber volle Dunkelheit und ein ganz geruhtes Auge, etwa wie man es Morgens beim Erwachen hat, dazu, den schwachen Schimmer dann noch wahrzunehmen. Die Leuchtkraft des Leuchtsteines wird vernichtet durch Salzsäure und Salpetersäure, welche ihn unter Zersetzung auflösen, dagegen leuchtet er unter concentrirter Schwefelsäure noch einige Zeit fort, bis die Zerstörung bis ins Innere gedrungen ist. Chlor vernichtet momentan die Leuchtkraft. Ferner wird das Leuchten gestört durch Substanzen, welche die helle Farbe des Leuchtsteines verdunkeln, daher darf er nicht mit bleihaltigen Firnissen angerieben werden, da er als Schwefelverbindung dieselben schwärzt. Auch Eisen wirkt sehr nachtheilig wegen der gelben Farbe des entstehenden Rostes.

Was die praktischen Verwendungen des Leuchtsteines angeht, so müssen von vornherein alle die Fälle ausgeschlossen werden, in denen der Leuchtstein mit Gas- oder Petroleum-

beleuchtung in Concurrenz tritt. Ferner muß die Möglichkeit gegeben sein, daß die Leuchtfläche bei Tage Licht aufsaugen kann, das nicht durch grüne Scheiben oder durch mehrfache Reflexion zu sehr geschwächt ist. Die erste Verwendung fand der Leuchtstein zu Uhrzifferblättern, die es ermöglichen, im Dunkeln die Uhr zu erkennen, ferner zu Nachtleuchtern, Feuerzeugständern und Lichtmanschetten. In allen diesen Fällen werden kleine Bequemlichkeiten geschaffen, die mehr ans Curiositätenhafte streifen, während die großen Anwendungen des Leuchtsteines in Fällen, in denen wirklich bedeutender Nutzen geschaffen wird, noch in ihren ersten Anfängen sind. Diese Anfänge hat England gemacht, indem es den Leuchtstein zur selbstthätigen Erleuchtung von Seezeichen verwendete. Nach Weber haben die Versuche mit Tonnen und Bojen, die mit dem leuchtenden Anstrich versehen waren, am Eingange des Hafens von Perth, zu Erith und an der Mündung der Themse und des Medway ergeben, daß diese schwimmenden Seezeichen selbst bei sehr dunkler, trüber Nacht und stürmischer See auf mehrere hundert Meter Entfernung hin leicht erkennbar waren. Auch zum Anstrich der Rettungsringe auf den Schiffen ist die Leuchtfarbe von Wichtigkeit, und mancher Verunglückte würde vielleicht gerettet worden sein, wenn er den ihm zugeworfenen Ring gesehen hätte. In England hat man die Anzüge und Werkzeuge der Taucher mit der Leuchtfarbe angestrichen. Kurz vor der Niederfahrt wird der Taucher beleuchtet, bei Nacht mit Magnesiumlicht, und er arbeitet nun bei dem von seiner Kleidung ausgestrahlten Licht in der Tiefe. Nach den von dem Dirigenten der Southampton-Dock-Gesellschaft, Mr. Philipp Hedger, bei Hebung eines vor Southampton gestrandeten Schiffes angestellten Erörterungen, waren die in dieser Weise ausgerüsteten Taucher in 8 Meter Wassertiefe im Stande, die Nieten und Bolzen an dem Schiffe gut genug zu unterscheiden, um ihre Arbeiten daran vornehmen zu können. Von großem Nutzen kann die Verwendung größerer Leuchtflächen zum Erhellen von Pulvermagazinen und solchen Kellern werden, wo feuergefährliche Stoffe, wie Ligroin, Aether, Petroleum &c., lagern. Wenn es zu ermöglichen wäre, ein öfteres, rasches Auswechseln frisch beleuchteter größerer Flächen zu bewirken, so könnte der Leuchtstein ein großer Segen für den Bergbau

werden, weil sein Licht absoluten Schutz gewährt gegen die Gefahren der schlagenden Wetter, die alljährlich so große Unglücksfälle anrichten. In England hat man auch mit gutem Erfolg mit Leuchtfarbe gestrichene Flächen in den Eisenbahnwagen aufgehängt, um bei langen Tunnels eine Beleuchtung herzustellen, die keine Unterhaltungskosten macht und die ausreicht, ein völliges Dunkelwerden zu verhindern. Weber empfiehlt für das Eisenbahnwesen noch einen leuchtenden Anstrich für die Hauptentfernungssteine, die Schlagbarrièren, die Nummern der Wärterhäuser, die festen Zeichen vor den Stationssignalen und die Marken für die Trennungsdistanz der Geleise. Sehr schön und leicht läßt sich der Leuchtstein benutzen für Warnungszwecke in Gebirgsgegenden, um durch ein einfach an den Felsen gestrichenes Kreuz eine gefährliche Stelle auch bei Nacht zu bezeichnen.

Von der größten Wichtigkeit muß aber der Leuchtstein für Orientirungszwecke werden. Wegweiser und Meilensteine müßten verordnungsmäßig damit überzogen werden. Durch einen einfachen Strich von Leuchtfarbe an Bäumen, in gewisser Entfernung angebracht, lassen sich Waldwege und die Gestelle der Forsten bei Nacht markiren, auch Gebirgs- und Waldwege, die im Winter verschneien, könnten dadurch kenntlich gemacht werden.

Während die bisher angeführten Verwendungen sich auf das Wasser und das Land erstrecken, fragt es sich, ob der Leuchtstein auch für die Großstädte bei deren vorzüglicher nächtlichen Beleuchtung noch mit Nutzen verwendet werden kann. Diese Frage ist zu bejahen. Es giebt auch da so manche Stellen, die von dem Segen der Gasbeleuchtung nicht erreicht werden. Dahin gehören besonders die Hausfluren nach 10 Uhr Abends. Es handelt sich hier darum, die Treppe zu finden, ohne zu stolpern oder sich zu stoßen. Das kann sehr einfach erreicht werden, wenn man ein niedriges Panél unmittelbar über den Stufen in Leuchtfarbe anstreicht. Ferner macht es manchmal nicht unerhebliche Schwierigkeiten, das Schlüsselloch zu finden; wie leicht würde das sein, wenn das Schlüsselloch mit Leuchtfarbe gestrichen wäre! Eine Verwendung zu Thürschildern ist bereits gemacht worden, sie hat aber noch keine Ausbreitung gefunden.

In allen diesen Fällen ist die erste Bedingung, daß der Gegenstand, welcher leuchten soll, so angebracht werde, daß er bei Tage vom Lichte getroffen werden kann, und daß er in der Nacht nicht die Concurrenz einer Gasflamme aushalten muß, sondern in einem wirklich dunklen Raume sich befindet.

Der Leuchtstein wird gleich mit dem entsprechenden Bindemittel vermischt als Anstrichfarbe in den Handel gebracht. Das halbe Kilo dieser Farbe kostet jetzt 20 Mark, während es vor zwei Jahren noch 110 Mark kostete. Mit einem Pfund der von Gädicke hergestellten Farbe kann man mehr als einen Quadratmeter Fläche zweimal anstreichen, während sich die Balmain'sche Farbe etwas ungünstiger verarbeitet, da sie nur 3/4 Quadratmeter deckt. Ein dunkler Untergrund ist zu vermeiden, und es empfiehlt sich, einen weißen Grund mit Schlemmkreide und Leim oder Zinkweiß in Copal herzustellen und dann erst einen zweimaligen Anstrich mit Leuchtfarbe zu geben. In dem Zinkweißanstrich muß so wenig Copal sein, daß er stumpf eintrocknet und noch Saugkraft für die Leuchtfarbe behält. Auch darf der Copal keinen bleihaltigen Firniß enthalten, er muß vielmehr rein in Terpentin gelöst verwendet werden.

Der verhältnißmäßig hohe Preis möchte bei der Werthlosigkeit der Materialien befremden, allein die Herstellung ist eine sehr mühselige und zeitraubende; indessen wird die längere Praxis auch hier weitere Vortheile schaffen. Herr J. Gädicke, Berlin, Feilnerstraße 3a, beabsichtigt, sein Herstellungsverfahren zur Ausbeute unternehmenden Fabrikanten zu verkaufen.

Mangan.

Manganmetall mit einem bis zu 95 Procent im Maximum steigenden Mangangehalte in Verbindung mit Kohlenstoff und nur geringen Mengen von Eisen wird auf der Isabellen-Hütte bei Dillenburg (Provinz Hessen-Nassau) auf metallurgischem Wege aus ausgesuchten reinen Manganerzen dargestellt. Das dargestellte Mangan soll einerseits für sich Verwendung finden, andererseits zur Herstellung einer Reihe von Legirungen dienen, welche sich durch Dichtigkeit des Gusses, Festigkeit, Dehnbarkeit und Elasticität auszeichnen.

Das Manganmetall unterliegt auch im reinen Zustande infolge seiner Verwandtschaft zum Sauerstoff, wenn es der Luft ausgesetzt wird, der Oxydation und zerfällt infolge dessen an der Luft zu einem oxydhaltigen Pulver. Es muß daher unter Luftabschluß aufbewahrt oder, da es hauptsächlich zur Herstellung kupferhaltiger Legirungen verwendet wird, mit Kupfer zu Mangankupfer legirt werden, wobei der an das Mangan gebundene Kohlenstoff durch Verbrennung vollständig entfernt und das Eisen durch entsprechende Zuschläge noch verschlackt wird.

Als zweckmäßig hat sich die Herstellung einer Legirung von 30 Procent Mangan und 70 Proc. Kupfer erwiesen, da dieselbe nicht mehr so strengflüssig ist wie reines Manganmetall und mit kupfer-, zinn-, zink- und bleihaltigen Legirungen leicht eingeschmolzen werden kann.

Der Vortheil, welchen ein Manganzusatz zum Kupfer und dessen Legirungen gewährt,[1]) soll einerseits auf der leichten Oxydationsfähigkeit des Mangans beruhen, welches die vorhandenen Oxyde des Kupfers und Zinnes desoxydirt, dadurch einen dichten, porenfreien Guß der Legirungen herstellt und denselben die bereits hervorgehobenen Eigenschaften verleiht; andererseits kann aber auch das Mangan, wenn es in größerer Menge Kupferlegirungen zugesetzt wird, einen constituirenden Bestandtheil derselben ausmachen und z. B. bei der Bronze das Zinn vollständig vertreten.

Zur Entfernung der Oxyde genügt ein Manganzusatz von 1/3—1/2 Procent, entsprechend dem etwa dreifachen Zusatze von Mangankupfer mit 30 Proc. Mangangehalt. So gelang z. B. die Raffination des Rohkupfers nach Versuchen im Großen bei der Mansfeldischen Gewerkschaft zu Eisleben schon mit einem Zusatze von 1 1/2 Procent Mangankupfer und zeigten sich nach dem Einschmelzen des Kupfers und Zusetzen des Mangankupfers zu der heißflüssigen Schmelzmasse die hammergaren Eigenschaften des Kupfers. Bei einem Zusatze von 0,45 Proc. Mangan in Form von Mangankupfer zu einer größeren Flammenofencharge von Rohkupfer waren in dem erhaltenen, zu dünnen

1) Vergl. den Vortrag des Oberbergrath C. Hensler in den Verh. des Ver. zur Beförd. des Gewerbfleißes 1881, März-Heft.

Zündhütchenblechen verwendbaren Kupfer-Raffinad noch 0,005 bis 0,022 Procent Mangan enthalten.

Für eine wirkliche Manganbronze nach der Zusammensetzung der in Gebrauch stehenden Bronze, welche etwa 1 Proc. Mangan enthält, ist ein Zusatz von 3—5 Proc. Mangankupfer erforderlich.

Wenn das Mangan mit einem höheren Zusatze als constituirender Bestandtheil in die Legirungen eingeführt werden soll, ist die Höhe des Zusatzes nach der Zusammensetzung der Legirungen zu beurtheilen.

Die Verwendbarkeit der reinen, nur aus Kupfer und Mangan bestehenden Manganbronzen fängt mit einem Mangangehalt von 1 bis 2 Proc. an, wobei die Legirung sich besonders zur Herstellung von Gußgegenständen mit dünnen Wandstärken von $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Millim. Dicke an Stelle des geschlagenen Kupfers, z. B. für Casserole, Röhren &c., eignet und deshalb unter der Benennung Mangangußkupfer zur Verwendung kommt. Die absolute Festigkeit desselben beträgt 18 Kilogr. pro Qu.-Millim. bei einer Dehnung von 8 Proc.; Röhren von $2^1/_2$ Centim. Durchmesser, 30 Centim. Länge und 2 Millim. Wandstärke wurden auf 78 Atmosphären Ueberdruck geprüft, ohne eine Veränderung der Form zu zeigen und undicht zu werden.

Von den die Stelle der Zinnbronzen vertretenden reinen Kupfer-Manganbronzen sind folgende Zusammensetzungen besonders hervorzuheben:

	Zusammensetzung in Procent	Absolute Festigkeit in Kilogramm pro Quadr.-Millim.	Dehnung in Procent
1.	96 Cu 4 Mn	19—20	14,6
2.	95 „ 5 „	20—21	10
3.	94 „ 6 „	20—21	14,6
4.	89 „ 11 „	23—24	16,6

Die Legirungen 1 bis 3 waren in eisernen Formen, die Legirung 4 war in Sand gegossen. Dieselben lassen sich walzen und schmieden und nehmen beim Schmieden an Festigkeit be-

deutend zu; als eine zum Walzen besonders geeignete Legirung ist die von 94 Proc. Kupfer und 6 Proc. Mangan zu bezeichnen. Die reinen Manganbronzen sollen für alle Gegenstände der Maschinentechnik, welche auf Festigkeit und Dehnbarkeit in Anspruch genommen werden, vorzugsweise verwendbar sein.

Gewöhnliche Bronzen nehmen durch einen Manganzusatz von 1 bis 2 Proc. an Festigkeit, Dehnbarkeit und Elasticität zu, wie durch eine Reihe von Zerreißungsversuchen dargethan wurde.

Alte Bronzen und alter Rothguß lassen sich unter Manganzusatz besser umschmelzen; namentlich kann aber der Schrot vermittels desselben unter Beimischung etwa der Hälfte von neuen Metallen wieder vortheilhaft zu neuen Legirungen benutzt werden.

Beim Einschmelzen der Manganlegirungen ist Weißglühhitze erforderlich, um eine innige Vermischung der Metalle herbeizuführen. Bei den reinen Manganbronzen, also bei einem bis zu 10 Proc. gehenden Mangangehalte, wird das Mangankupfer direct mit dem Kupfer eingeschmolzen und am Schlusse, wenn der Tiegel aus dem Ofen genommen ist, noch eine kleine Partie Mangankupfer zur Reduction der etwa vorhandenen Oxyde zugesetzt. Bei den Kupfer-, Zinn-, Zinkbronzen, dem Rothguß und Messing wird erst das Kupfer eingeschmolzen, dann das Zinn resp. Zink, und erst nach vollständig erfolgtem Einschmelzen und nachdem der Tiegel aus dem Ofen genommen ist, das Mangankupfer, welches sich rasch mit der Schmelzmasse vereinigt, zugesetzt.

Als nothwendige Bedingung eines guten Einschmelzens und einer innigen Verbindung des Mangans ist noch hervorzuheben, daß die Schmelzmasse stets mit Koke oder besser mit Holzkohlenlösche bedeckt bleibt; daß dieselbe erst beim Gießen entfernt wird und daß die Schmelzmasse im heißflüssigen Zustande sofort nach dem Mangankupferzusatz mehrere Male mit einem Graphit- oder einem aus Gasretortenkoke geschnittenen Stabe stark umgerührt wird.

Der Preis der in der Isabellen-Hütte gewonnenen Producte wird für das raffinirte Manganmetall zu 10 Mark, für das Mangankupfer zu 5 Mark, für die Manganbronze mit

90 Proc. Kupfer und 10 Proc. Mangan zu $2^1/_2$ Mark pro Kilogramm angegeben.

Ueber die Mittheilungen Kupelwieser's betreffs der Verwendungen des 25 Proc. Mangan enthaltenden Cupro-Manganèse von Pierre Montes, Besitzer der Kupferhütten zu Bedennes (Vaucluse), ist in diesem Jahrbuch 1879, Bd. 15, S. 369 referirt worden.

Das Verhalten von kohlenstoffhaltigen Legirungen von Mangan und Eisen zu Wasser hat Cloez [1]) einer Prüfung unterworfen. Behandelt man erstere mit kochendem Wasser, so wird dieses zersetzt. Der Sauerstoff oxydirt die Metalle, ein Theil des Wasserstoffes entweicht, während der Rest desselben sich mit dem Kohlenstoff zu Kohlenwasserstoffen verbindet, welche ganz ähnlich denen des Petroleums sind.

Man vergleiche die Ansichten Mendelejeff's über die Entstehung des Mineralöls in Bd. 13, S. 400 dieses Jahrbuches.

Mangansuperoxyd. Ueber die Zusammensetzung des nach Weldon's Verfahren regenerirten Mangansuperoxyds sind in neuerer Zeit von Post Ansichten ausgesprochen worden, welche mit den bisherigen Anschauungen nicht im Einklange stehen. Bekanntlich besteht der bei dem Weldon'schen Regenerirungsverfahren (vergl. d. Jahrb. Bd. 10 S. 221 und Bd. 11 S. 296) resultirende, zur Chlorentwicklung wieder verwendbare schlammige Niederschlag nach dem von Weldon selbst zur Erklärung seines Verfahres benutzten Theorie im Wesentlichen aus salzartigen Verbindungen von MnO_2 mit Basen, sogenannten Manganiten. Bei zweckmäßiger Leitung des Processes soll die Zusammensetzung des Niederschlages nahezu der Formel $CaO, 2\,MnO_2$ oder $CaOMnO_2 + H_2OMnO_2$ entsprechen, doch kann ein Theil des Calciums auch durch Mangan und andere Metalle (Eisen oder Magnesium) ersetzt sein. Zahlreiche namentlich von Lunge ausgeführte Analysen haben in der That in dem fabrikmäßig gewonnenen Produkte auf je 1 Aequ. MnO_2 durchgängig etwas mehr als $^1/_2$ Aequ. eines

1) Ber. der deutschen chem. Ges. 1879, Bd. 12, S. 282, nach Compt. rend. p. 1248.

Oxydes von der Form RO (Kalk oder Manganoxydul ꝛc.) nachgewiesen.

Post[1]), von der Ansicht ausgehend, daß durch die genaue Feststellung des beim Weldonprocesse fallenden Schlammes ein Gewinn für die Technik erwartet werden könne, hat sich aufs Neue der Untersuchung nicht nur des sogenannten Weldonschlammes sondern auch der von Gorgeu[2]) beschriebenen salzartigen Verbindungen des Mangandioxydes unterzogen, welche von Gorgeu als $(MnO_2)_5$ MnO und $(MnO_2)_5$ K_2O angesprochen werden. Post fand hierbei weder die Angaben von Gorgeu noch die von Weldon bestätigt und sah sich zu der Annahme geführt, daß sowohl die von Gorgeu untersuchten Producte als auch der Weldonschlamm nur ein Gemenge von Hydraten des Mangandioxydes mit Alkali- resp. Calciumverbindungen, wahrscheinlich den Carbonaten, darstellen, welche von den Mangandioxyden ebenso festgehalten werden, wie das Alkalicarbonat z. B. von Bariumcarbonat festgehalten wird.

Diese Ansicht Post's, welche wohl ursprünglich überhaupt auf einem Zweifel an der Existenz von salzartigen Verbindungen des Mangandioxydes, in welchem dieses die Rolle einer Säure spielt, basirt zu haben scheint, hat zu einer sehr lebhaften Polemik zwischen Lunge und Post[3]) geführt, in welcher

1) Ber. d. deutschen chem. Ges. 1879, Bd. 12, S. 145 u. 1537.

2) Ann. de chim. et de phys. Ser 3, LXVI, p. 153. Nach Gorgeu hat das bei Einwirkung überschüssigen Chlors auf gefälltes Mangancarbonat gebildete Product die der Formel $5(MnO_2)MnO$ entsprechende Zusammensetzung. Leitet man einen Strom Kohlensäure in eine alkalische Lösung von Kaliummanganat bis zur Sättigung des Alkalis, so bildet sich neben Kaliumpermanganat, welches die Lösung roth färbt, ein gelber Niederschlag, welchem die Formel $(5\,MnO_2)K_2O$ zukommt. Ein Calciummanganit von der Formel $(5\,MnO_2)CaO$ soll nach Gorgeu in Form eines braunen Niederschlages erhalten werden, wenn man eine Lösung von salpetersaurem Mangan in überschüssige Lösung von Chlorkalk gießt.

Auch bilden sich nach Rißler (Ber. d. deutschen chem. Ges. 1879, Bd. 12, S. 361) Manganite von der allgemeinen Formel $5(MnO_2)RO$, wenn man ein Gemenge von Kaliumpermanganat und einem wasserfreien Metallchlorid ($BaCl_2$, $CaCl_2$, $SrCl_2$ oder $PbCl_2$) in einem Tiegel zur Rothgluth erhitzt und die Schmelze mit kochendem Wasser auszieht, wobei die Manganite ungelöst bleiben.

3) Dingler's polyt. Journ. 1880, Bd. 235, S. 300. Bd. 236, S. 225—237. — Verh. des Ver. zur Bef. des Gewerbfleißes 1880, S. 468.

auch die bei der Untersuchung der fraglichen Verbindungen in Anwendung gebrachteu analytischen Methoden einer Kritisirung unterworfen werden.

Post erachtet durch seine Versuche Folgendes für constatirt:

1. Im fertigen Weldonschlamm, selbst in solchem mit ungewöhnlich hohem Gehalt an sogenannter Basis ist so wenig Kalk vorhanden, daß die Annahme, der Schlamm bestehe wesentlich aus einem sogenannten Calciummanganit $(MnO_2)_2CaO$ unzulässig ist.

2. Es kommen jetzt im Betriebe des Weldon'schen Verfahrens auch Schlammsorten vor, in denen der Gehalt an Basis auf weniger als 1 Aequiv. pro 1 Aequiv. MnO_2 herabgeht.

Lunge, dessen Analysen zwar im Allgemeinen einen größeren Kalkgehalt als die von Post gefundenen nachweisen, bestreitet in seiner Entgegnung das Vorkommen von Schlammsorten nicht, in denen der Kalkgehalt geringer ist als derjenige, welchen die Formel $(MnO_2)_2RO$ fordern würde, wenn alle Basis RO wirklich durch CaO vertreten wäre, da ja bekanntermaaßen ein Theil derselben durch MnO, FeO ꝛc. vertreten sein kann. Uebrigens will sich Lunge auch nicht dafür verbürgen, daß bestimmte Salze der Formel RO, $2MnO_2$ existiren, vielmehr hat er den durch die Formel ausgedrückten Gehalt an Basis nur als ein empirisches Minimum hinstellen wollen, unter welchem seines Wissens keine Fabrik arbeitet.

In einer neusten Abhandlung[1]) theilt Post die Ergebnisse der Analysen von Producten mit, die im Laboratorium auf analogem Wege wie bei dem Weldon'schen Verfahren, jedoch unter Anwendung chemisch reiner Lösungen dargestellt waren, bei deren Erzeugung somit alle den chemischen Vorgang in seinem Verlauf etwa störenden Umstände, wie sie beim Fabrikbetrieb oft nicht zu vermeiden sind, ausgeschlossen werden konnten. Die Resultate bestätigen im Allgemeinen die von ihm früher ausgesprochenen, oben angeführten beiden Sätze.

Zur Beantwortung der Frage, was aus dem beim Weldonproceß nach dem Ausfällen des Manganoxyduls noch in

---

1) Verh. des Ver. zur Bef. des Gewerbfl. 1881, S. 297—330.

Anwendung gebrachten Kalküberschuß denn werde, wenn er nur zum geringen Theil in das Regenerationsproduct übergehe, führt Post an, daß zufolge seiner Versuche beim Fällen einer Manganchlorürlösung mit Alkali- oder Kalkhydrat, selbst bei Anwendung eines Ueberschusses des Fällungsmittels, das Manganhydrooxydul chlorhaltig falle, und daß ein Theil des im Ueberschuß zugesetzten Fällungsmittels beim Weldonproceß dazu diene, das Chlor des niedergeschlagenen Manganchlorürs während des nachherigen Oxydationsprocesses fortzunehmen, beziehentlich durch Sauerstoff oder der Hydroxylgruppe zu ersetzen.

Im weiteren Verlaufe seiner Mittheilungen bestreitet Post, daß es nöthig sei, die zur Oxydation des gefällten Manganhydroxyls erforderliche Luft unter so starkem Drucke als es bei Weldons Proceß üblich ist, zuzuführen, vielmehr kommt es nach seinen Versuchen nur darauf an, den Manganoxydultheilchen die Berührung mit der Luft zu ermöglichen. Er hat daher zwei a. a. O. beschriebene und abgebildete Apparate construirt, durch welche die mit der Anwendung des Weldon'schen Apparats verbundene Kraftverschwendung vermieden und sonach eine Verminderung der Betriebskraft ermöglicht ist.

Am Schluße seiner Abhandlung discutirt Post nochmals die Frage über die chemische Natur des Mangandioxydes und der Alkali, Calciumoxyd u. s. w. enthaltenden Mangandioxyde.

Während die sehr schwankenden Angaben verschiedener Analytiker (Gorgeu, Weldon, Morawsky und Stingl, Wright und Menke) über den Gehalt der vermeintlichen Manganite oder manganigsaurem Salze an Basis die Annahme der Existenz einer manganigen Säure bedenklich erscheinen lassen, und während zur Annahme, daß die in Rede stehenden Körper einen salzartigen Charakter besäßen, auch insofern ein zwingender Grund nicht vorliegt, als viele Beispiele bekannt sind, welche zeigen, daß eine zweifellos gesättigte Verbindung eine andere gesättigte Verbindung ebenso festhält wie hier das Manganoxyd die basischen Bestandtheile (man erinnere sich der Hartnäckigkeit, mit welcher salpetersaures Alkali dem aus einer Lösung desselben abgeschiedenen Bariumsulfat anhaftet): so sieht sich Post schließlich doch durch

andere Umstände gezwungen, die sauren Eigenschaften des Mangandioxydes anzuerkennen. Als einen dieser Umstände führt er die Thatsache an, daß die Oxydation des Manganhydroxyls in alkalischer Flüssigkeit höher geht als in neutraler. Auch die Beobachtung Jezlers, daß bei hoher Temperatur das Mangandioxyhydrat Kohlensäure aus Doppelspat austrieb, spricht für die sauren Eigenschaften desselben. Wenn man demnach annehmen muß, daß bei der Entstehung der fraglichen Verbindungen chemische Kräfte mitwirken, so hält es doch Post für ebenso feststehend, daß dieselben zur Bildung eines beständigen Salzmoleküls im gewöhnlichen Sinne und nach den Formeln Weldons nicht führen.

Eisen.

Um Eisen gegen Rost zu schützen hat Barff empfohlen, dasselbe im rothglühenden Zustande der Einwirkung überhitzten Wasserdampfes auszusetzen und es dadurch mit einer schützenden Schicht von Eisenoxyduloxyd zu überziehen (dies. Jahrbuch 1877, B. 13, S. 396.). Nach neueren Mittheilungen über das Barff'sche Verfahren [1]) gelangt der in einem besonderen Generator erzeugte Wasserdampf unter einem Druck von etwa 6 Atmosphären in eine als Ueberhitzer dienende spiralförmige Eisenröhre von 25 Millim. Durchmesser und 12 Meter Länge, welche durch directes Feuern erhitzt wird. Der hier überhitzte Dampf tritt in eine aus Backsteinen hergestellte Kammer. Dieselbe wird durch eine Feuerung geheizt, deren Kanäle rings um die Kammer streichen und sich oben wieder vereinigen. Der überschüssige Dampf und der durch Einwirkung desselben auf das Eisen gebildete Wasserstoff werden durch eine Röhre unter die Feuerung des Generators geführt. Die Kammer wird zuerst auf 260° C. erhitzt, hiernach trägt man die eisernen Gegenstände ein und erhitzt nach Verschluß der Thüre abermals auf 260°. Alsdann läßt man 5 bis 10 Stunden lang — je nach der Beschaffenheit der zu behandelnden Gegenstände — den über-

1) Wagner's Jahresbericht für 1880, S. 42, nach **Engineering 1879, XVIII, p. 441.**

hitzten Dampf eintreten, worauf die Operation beendet ist. War der Wasserdampf nicht gehörig überhitzt, so haftet der hervorgerufene Ueberzug von Eisenoxyduloxyd nicht genügend fest an dem Eisen. Die Rustless and general Iron Company in London hat mehrere der beschriebenen Apparate in beständigem Betriebe.

G. und A. S. Bower in St. Neots in England bringen den gegen Rost schützenden Ueberzug von Eisenoxyduloxyd auf dem Eisen nicht mittelst Wasserdampfes sondern unter Benutzung von Kohlensäure hervor, welche durch Verbrennen von Kohlenoxyd erzeugt wird (D. R. P.). Der chemische Vorgang beruht darauf, daß die Kohlensäure, wenn sie bei hinreichend hoher Temperatur mit Eisen oder Stahl in Berührung kommt, an letztere Sauerstoff abgiebt. Am besten wird auf den zu behandelnden Gegenständen namentlich schmiedeeisernen, zunächst eine dünne Schicht Eisenoxyd durch Einwirkung eines Gemisches von Kohlenoxyd mit einer größern Menge Luft als zur Bildung von Kohlensäure nöthig ist, erzeugt und diese Eisenoxydschicht dann durch Kohlenoxyd ohne Beimischung von Luft oder freiem Sauerstoff in Eisenoxydul umgewandelt. Die erste Operation erfordert meist etwa 1/2 Stunde, die zweite etwa 3 Minuten; beide werden so oft wiederholt, bis die Oxydschicht die gewünschte Dicke erreicht hat; die dabei angewendete Temperatur liegt zwischen dunkler und heller Rothglut.

Lindemann[1]) macht über das Verfahren folgende nähere Mittheilungen. Die Heizgase werden in einem Regenerativofen mit der nöthigen Luft gemengt, in einen Verbrennungsraum und sodann in einen darüber liegenden zweiten Raum geleitet, der mit dem zu bedeckenden Eisen gefüllt ist. Nach der Benutzung streichen die Gase um eine Anzahl Rohre, durch welche die zum Verbrennen der Gase nöthige Luft einströmt, und entweichen von da in den Kamin. Die zu bedeckenden Gegenstände werden so dicht als erforderlich auf einander, ohne Zwischenmittel, in den Ofen gesetzt und, nachdem die Kammer geschlossen, mit einem Ueberschuß von Gas

1) Wagner's Jahresbericht für 1880, S. 44, nach Wochenschrift des Ver. deutscher Ingenieure 1880, S. 239.

zur Kirschrothglut erhitzt, sodann wird der Luftschieber weiter geöffnet und die Flamme vollständig geklärt.

Die Temperatur wird durch den Kaminschieber regulirt. Nachdem während 30 Minuten der Oxydationsproceß vor sich gegangen, werden Kamin und Luftschieber vollständig geschlossen, der Gasschieber und eine kleine Oeffnung in der Kammerthür geöffnet.

Die Kammer füllt sich mit Gas und der Reductionsproceß beginnt. Nachdem derselbe 30 Minuten gedauert, wird der Oxydationsproceß wieder eingeführt 2c.; 9—10 Wechsel sind für große Gegenstände genügend, für kleine werden einige mehr erfordert. Der letzte Wechsel ist natürlich immer der zur Reduction. Das Eisen wird ohne alle weitere Vorsicht aus dem Ofen gezogen und ist nach dem Erkalten mit einer nach Belieben dickern oder dünnern, äußerlich schön blaugrauen Schicht bedeckt. Gußsand, der etwa dem Eisen anhängt, schadet nichts, die Umwandlung geht unter demselben ebenfalls vor sich. Bower bezeichnet das Verfahren gegenwärtig nur für Gußeisen als vollkommen; doch steht er nicht weit von der vollkommenen Lösung der Aufgabe auch in Bezug auf Stahl und Schmiedeeisen. Ueber das Verhalten des Ueberzuges gegen Säuren 2c. hat Bischoff in Dürkheim a. d. H. Versuche gemacht, aus denen hervorgeht, daß der Ueberzug von Salzsäure gelöst wird, weniger von Salpetersäure und Schwefelsäure. Kaum eine Veränderung bewirken Essigsäure von 30 Proc. und Bromlösung.

Die Herstellungskosten des Ueberzugs sind sehr gering. Bower hat einen kleinen Ofen im Betrieb, der eine Tonne Eisen aufnimmt; derselbe wird nur 8 Stunden während des Tages betrieben und dabei kommen die Kosten der Bedeckung pro Tonne auf 10 Mark, von denen 6 Mark auf Löhne entfallen. Würde der Ofen aber Tag und Nacht betrieben, so wären die Verhältnisse weitaus günstiger, da ein Heizer drei Oefen bedienen kann und der Hauptkohlenverbrauch durch die Anheizung des Ofens und die Erhitzung des Eisens auf Rothglühhitze erzeugt wird; der eigentliche Proceß braucht sehr wenig. Nach Lindemann's Ansicht hat der neue Eisenbedeckungsproceß eine sehr bedeutende Zukunft. Derselbe ist, so weit die bis heute gemachten Untersuchungen reichen, einfach

und leicht von jedem Arbeiter auszuführen; der Ueberzug ist elastisch nach Belieben dick herzustellen und unter dem Einflusse der gewöhnlichen Oxydation von beinahe unbegrenzter Dauer, er ist endlich billig, wahrscheinlich bedeutend billiger als die nach anderen Bedeckungsmethoden hergestellten, welche er in jeder Beziehung weit zu überragen scheint.

Emailliren von Eisenguß. Das übliche Verfahren zum Emailliren von Eisengußwaaren besteht bekanntlich darin, daß der gegossene Gegenstand sorgfältig gereinigt, im kalten Zustande mit der sogenannten Grundmasse belegt wird, welche letztere zunächst eingebrannt wird. Auf die Grundmasse wird wieder im kalten Zustande die Glasur aufgetragen und dann das Glühen wiederholt. Die Details des Verfahrens werden meist sorgfältig geheim gehalten; doch beschreibt W. Bersch [1]) das in einer der renommirtesten niederschlesischen Hütten verwendete Verfahren wie folgt.

Die Geschirre werden von der Putzerei aus, vor Nässe und Feuchtigkeit möglichst geschützt, zur Beizanstalt gebracht, hier mit verdünnter Schwefelsäure gebeizt und mit Sand abgerieben. Behufs des Abspülens und Trocknens werden sie dann in heißes Wasser getaucht, trocknen nach dem Herausholen von selbst ab, werden darauf noch einmal einzeln nachgesehen und endlich mittelst Lappen abgerieben. In diesem Zustande kommen die Geschirre zum Auftragen der Grundmasse. Die Grundmasse wird folgendermaßen hergestellt. Es werden gemischt:

50	Kilo	Quarz, fein gemahlen und trocken,
22,5	„	Borax nicht entwässert,
7,5	„	Flußspath, fein gepocht und gemahlen,
zusammen 80	Kilo.	

Diese Mischung wird in thönernen Tiegeln zusammengesintert und giebt 68,5 bis 69 Kilogrm. gesinterte Masse, die von allenfalls anhängenden Thonscherben gereinigt, geklopft und gepocht wird. Von der gepochten Mischung werden genommen:

1) Wagner's Jahresber. 1880, S. 51, nach Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure 1880, S. 99.

16	Kilo,	dieselben werden trocken gemischt mit
6,5—12,5	„	Quarz (gewöhnlich 12,5 Kilo),
4 — 6,5	„	grauem Thon (gewöhnlich 4 Kilo),
0,5	„	Borax.

Diese neue Mischung wird auf der Stoßmühle gemahlen und zu jeder solchen Portion, die eine Mühle voll giebt, wird während des Mahlens zugesetzt:

2,5	Kilo	Thon
0,66	„	Borax.

Die gemahlene Mischung wird entweder durch Wasser oder durch fein mit Wasser gemahlenen, grauen Thonbrei zu der nöthigen Consistenz gebracht, dann aufgetragen, getrocknet und eingebrannt. Dieselbe liefert eine etwas gelbbraune, gesinterte Grundmasse, die an den Geschirren fest anhaften muß und dem Kratzen mit einem Fingernagel nicht nachgeben darf. Die wieder erkalteten Geschirre werden nun mit sogenannter Deckmasse versehen, die ebenfalls als feine Schlämpe naß aufgetragen werden muß. Die Deckmasse wird folgendermaßen bereitet. Es werden trocken gemischt:

2,5	Kilo	Flußspath, fein gepocht,
1,0	„	Zinkoxyd, wie es im Handel vorkommt,
4,75	„	Zinnoxyd, wie es der eigene Calcinirofen liefert,
0,75	„	Knochenmehl, Handelswaare,
0,03—0,05	„	Smalte.

Letztere wird nur zugegeben, um einen etwa vorhandenen Stich ins Gelbliche zu verdecken, weshalb ihre Menge auch wandelbar ist. Diese Mischung von 9—9,25 Kilogrm. wird im Laboratorium als Hauptsache und als eigentliches Emaillirgeheimniß gemischt, gesiebt und es werden von ihr dann später gemischt, je:

9—9,25	Kilogrm.	mit
16	„	fein gemahlenen Feldspath,
9,5—9,75	„	Borax, nicht entwässert,
3,25	„	Soda, nicht entwässert,
1,25—1,5	„	Kalisalpeter.

Dieses Alles wird in feuerfesten Tiegeln, welche in ihrem Boden ein Loch haben, zusammengeschmolzen, und es fließt die

geschmolzene Masse durch jenes Loch in einen unter den Rost des Ofens gesetzten Untersatz ab. Die erkaltete Masse wird wieder gröblich zerklopft, dabei von anhängenden Unreinigkeiten gesäubert und dann gepocht. Von der gepochten Masse werden je 30 Kilogramm mit einem Male auf die Naßmühle gegeben und auf dieses Quantum zugesetzt: 6 Näpfchen von ca. 140 Cubikcentim. Inhalt weißer Thon, fein mit Wasser angeschlämmt, und 0,3 Kilogrm. Zinkoxyd. Die fertige Masse wird dann wieder, falls dies nicht bereits beim Mahlen geschehen ist, auf die gehörige Consistenz gebracht, auf die eingebrannte Grundmasse aufgetragen und ebenfalls eingebrannt. Ein Zusatz einer Lösung von kohlensaurem Ammoniak oder schwefelsaurer Magnesia wird fast gar nicht mehr angewendet. Die fertig gebrannten Geschirre müssen ohne aufgegangene Blasen, nicht streifig und von einem schönen glänzenden Weiß sein. Die noch heißen Geschirre werden, sofern sie nicht größere Fehler haben, in gute Waare und in Ausschußgeschirre mit kleinen Fehlern geschieden und mittels Steinkohlentheer geschwärzt. Größere Fehler in der Emaille werden mittels kleiner, spitzscharfer Hämmer entfernt und es müssen dann die betreffenden Stücke den Emaillirproceß noch einmal durchmachen.

Nach dem patentirten Verfahren des Emaillirens von Gußeisen von A. F. Grebel[1]) (E. P.) geschieht das Emailliren der Gegenstände gleich beim Gießen der gußeisernen Gegenstände und wird dadurch erzielt, daß man die Form zunächst mit einer Schicht fein gepulverten Kalkes und dann mit einem Ueberzug des fein gepulverten Emailglases versieht, welches beim Einfließen des geschmolzenen Eisens flüssig wird und sich mit dem Eisen vereinigt. Der fein gepulverte Kalk hat den Zweck, ein Anhaften des Emails an den Formsand zu verhindern.

Auch Henzel[2]) in Prag und L. Broz in Rokycan in Böhmen vereinigen namentlich zur Herstellung billiger emaillirter Eisengußwaaren das Glasiren mit dem Gießen. Dabei werden zunächst Form und Kern in der gewöhnlichen Weise

1) Chemische Industrie 1880, S. 181.

2) Wagner's Jahresber. f. 1880, S. 50, nach Patentblatt 1880, S. 312.

hergestellt. Der Kern wird mit einem isolirenden Ueberzuge von Graphit versehen und ganz sorgfältig geglättet. Auf diesen Graphitüberzug wird die in fein vertheiltem Zustande im Wasser eingerührte Emailmasse in höchst gleichmäßiger Lage aufgetragen und der Kern getrocknet. Auch kann die Emailmasse in trockenem Zustande durch Bestäuben und demnächstiges Anpoliren auf dem feuchten Lehmkern, bez. dessen Schwärzeschicht, fixirt werden. Kommt es auf große Glätte des Email nicht an, so fällt die isolirende Graphitschicht bei Anwendung von Sandkernen weg. Die mit der Emailschicht versehenen Kerne werden in gewöhnlicher Weise bei langsamer Steigerung der Hitze getrocknet und, wenn fertig, in die entsprechend trockene Form gelegt, so daß eine Wiederaufnahme von Feuchtigkeit vermieden wird. Der Guß muß ein höchst ruhiger sein, deshalb ist die Verwendung solcher Stoffe zur Emailmasse zu vermeiden, welche in der Hitze des flüssigen Eisens Gase oder Dämpfe entwickeln. Das flüssige Eisen, welches mit der Emailmasse in Berührung kommt, bringt diese zum Schmelzen, wobei die Verbindung des Eisens mit dem Email eine sehr innige wird. Die so emaillirten Gegenstände bleiben so lange in der Form, bis die gewöhnliche Lufttemperatur nicht mehr schädlich auf das Email einwirken kann. Auf diese Weise kann nicht nur die Innenseite der Waaren, sondern auch deren Aeußeres emaillirt werden. Die zur Verwendung kommenden Emailmassen bestehen im Wesentlichen aus Natrium-, bez. Kaliumoxyd, Calciumoxyd und Kieselsäure, event. auch aus Thonerde und Borsäure.

Empfohlen werden u. A. folgende Massen:

Nr. 1 erhalten durch Zusammenschmelzen von:

Kieselsäure (Quarz)	28	Gewichtsthl.
Kohlensaurem Natron (calcinirte Soda) .	11	"
Kohlensaurem Kalk (Schlemmkreide) . .	6	"

Nr. 2 erhalten durch Zusammenschmelzen von:

Kieselsäure	34	Gewichtsthl.
Kohlensaurem Natron	11	"
Kohlensaurem Kalk	12	"

Nr. 3 erhalten durch Zusammenschmelzen von:

Kieselsäure	34	Gewichtsthl.
Kohlensaurem Natron	11	"

Kohlensaurem Kalk	12	Gewichtsthl.
Lufttrockenen kalkfreien Pfeifenthon . . .	5	"

Nr. 4 erhalten durch Zusammenschmelzen von:

Kieselsäure	34	Gewichtsthl.
Kohlensaurem Natron	6	"
Kohlensaurem Kalk	12	"

In allen hier angegebenen Mischungen ist der rein wasserfreie Zustand der Kieselsäure, des kohlensauren Natrons und des Calciumoxydes angenommen. Die Behandlung dieser Stoffe ist dieselbe wie gewöhnlich, nämlich Pulverisiren, Mischen, Schmelzen oder Fritten, Mahlen oder Schlämmen. Je nach der Stärke und der Schmelzbarkeit der zu emaillirenden Güsse werden die erwähnten Massen mit Zusätzen versehen, die ein besseres Anhaften an der Form oder dem Kerne herbeiführen. Als solches Mittel ist Pfeifenthon, vorzugsweise ungebrannt, jedoch auch gebrannt, zu empfehlen. Bei Gußwaaren, deren Emaillirung besonders elegant sein soll, sowie auch bei Kochgeschirren empfiehlt es sich, das angegossene Email als Grundmasse zu benutzen und sie in gewöhnlicher Weise noch mit einem Ueberzuge zu versehen. In solchen Fällen werden die entsprechenden Theile der Form nicht mit Graphit überzogen, da es dann wünschenswerth ist, daß die Oberfläche der Grundemail eine rauhe sei. Zur Erzeugung einer besonders weißen Email wird für die Formen recht feiner weißer eisenfreier Formsand angewendet, oder es werden dieselben, anstatt mit Schwärze, mit feinem Quarzmehl überzogen, das sich mit der dann auf dieses zu tragenden Emailmasse beim Gießen verbindet und das Anfritten des Formsandes verhindert.

Ueber den Stickstoffgehalt des Eisens und Stahls bringt Alfred H. Allen[1]) folgende Mittheilungen. Der Annahme von Stahlschmidt, daß der Stickstoff in den Eisensorten als Eisennitrid Fe_4N_2 enthalten ist, wird dadurch unterstützt, daß Eisen den Stickstoff in Form von Ammoniak abgiebt, wenn es im rothglühenden Zustande der Einwirkung des Wasserdampfes ausgesetzt wird. Zur quantitativen Bestimmung des Stickstoffgehaltes ist dieses Verhalten

1) Ber. d. deutschen chem. Ges. 1880, Bd. 13, S. 1247.

nicht verwendbar, da die Oxydation des Eisens durch Wasserdampf zu lange Zeit in Anspruch nimmt. Sehr leicht aber und mit wenig Material ist die Bestimmung auszuführen, wenn man den Stickstoff durch Auflösen des Eisens in Säure, in Ammoniaksalz verwandelt (Boussingault, Bouis) und die Bestimmung mit Neßler's Reagens beendet. Da sich herausgestellt hat, daß Anwesenheit von Luft während der Lösung des Eisens auf die Bestimmung ohne Einfluß ist, so löst man ohne besondere Vorsichtsmaßregeln 1 Grm. des Untersuchungsmaterials in 20 Cubikcentimeter Salzsäure von 1.11 spec. Gew., destillirt nach Zusatz von Aetzkalk ab und bestimmt im Destillat das Ammoniak mittelst Neßler's Reagens colorimetrisch. Die höchste Aufmerksamkeit ist selbstverständlich darauf zu verwenden, daß die Reagentien frei sind von Ammoniak und Salpetersäure. — Die Untersuchung von 17 Eisenmustern lieferte als Resultat, daß der Stickstoffgehalt schwankt von 0.004 Proc. im Spiegeleisen bis 0.0172 Proc. im Stahl — Aluminium, Zink, Nickel enthielten keinen. Natrium 0.0011, Magnesium 0.0020 Proc. Stickstoff.

Zum Tempern von schmiedbarem Guß hat C. Nehse[1]) in Blasewitz bei Dresden, wie er in der Berg- und Hüttenm. Ztg. mittheilt, in der Fabrik der Fischer'schen Weicheisen-Gießerei-Gesellschaft zu Traisen, Niederösterreich, im Jahre 1879 einen Ringofen mit 12 Kammern, continuirlichem Betrieb und Gasfeuerung erbaut, der jetzt längere Zeit im besten Betriebe befindlich ist. Jede der Kammern hat einen Flächenraum von 4,5 Cubikm. bei einer Höhe von 0,50 M. An einem Ende des Ofens ist ein Generator aufgestellt, aus welchem das Gas in entsprechenden Kanälen der jeweiligen sich im Feuer befindlichen Kammer zugeführt wird, während die Luft, welche die Verbrennung unterhalten soll, durch 2—3 vorher von den Verbrennnngsgasen durchströmte Kammern streicht, um diese abzukühlen und gleichzeitig die darin aufgespeicherte Wärme nutzbar zu machen. Die Verbrennungsgase passiren dann 2—3 Kammern vor der im Feuer befindlichen um sie vorzuwärmen, und werden dann erst nach dem Schornstein geleitet. Der Ofen entspricht vollkommen

1) Vergl. Deutsche Industriezeitung 1881, S. 382.

den gehegten Erwartungen, indem außer einer bedeutenden Kohlenersparniß eine große Bequemlichkeit der Bedienung erreicht worden ist. Daß diese Ofeneinrichtung einen vortheilhaften Glühproceß gestattet, ist augenscheinlich, nur dürfte eine solche Anlage wohl nur da am Platze sein, wo hinreichende Massen von Waaren getempert werden müssen, um täglich eine Ofenkammer beschicken zu können. Für kleineren Betrieb dürften sich die Gasöfen mit ununterbrochenem Betriebe sehr empfehlen, welche, soweit dies bei beschränktem Betriebe möglich ist, die Wärme eines geglühten Ofens einem andern anzuwärmenden Ofen zuleiten.

Uran.

Alkaliuranate. — Die bisher bekannten uransauren Salze oder Uranate sind mit Ausnahme zweier von Drenkmann dargestellter, krystallisirter Verbindungen, welchen den Analysen zufolge die Formeln $6 U_2O_3, K_2O + 6 H_2O$ resp. $3 U_2O_3, Na_2O$ zukommen, amorphe Körper meistens von der Zusammensetzung $U_4O_7M_2$ (U = 120) oder $U_2O_7M_2$ (U = 240). — C. Zimmermann[1]) stellte einerseits ein schön krystallisirtes Kalium und Natriumuranat dar, welches unter Zugrundelegung des Atomgewichts 240 für Uran den Dichromaten entspricht, andererseits ein normales krystallisirtes Lithiumuranat, analog den neutralen Chromaten zusammengesetzt.

Es seien hier kurz die Darstellung dieser Uranate und ihre Haupteigenschaften mitgetheilt.

10 g nach Peligots Methode gereinigtes Uranylnitrat wurden durch wiederholtes Abdampfen mit Chlorwasserstoffsäure in Uranchlorid übergeführt, hierauf mit 4 g Chlorkalium und 16 g Salmiak gemengt, die erhaltene Lösung wurde zur Trockene abgedampft. Nach dem Verflüchtigen des Salmiaks durch Erhitzen wurde die zurückbleibende Masse zuerst gelinde im Porzellantiegel dann in einem Platingefäße über der Gebläseflamme so stark geglüht, daß das Salzgemenge unter lebhaftem Verdampfen von Kaliumchlorid schmolz. Die Schmelze

1) Ber. der deutschen chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 440.

war nach dem Erkalten dunkelbraun gefärbt und setzte beim Behandeln mit Wasser ein schweres, prächtig glänzendes Pulver ab, welches den Analysen nach ein Zwischenproduct zwischen den ursprünglichen Salzen und den sich später bildenden krystallisirten Uranaten war. Wurde die Masse unter stetem Umrühren über dem Gebläse weiter geschmolzen, so wurde ihre Farbe nach dem Erkalten immer heller; bis sie schließlich in feuriges Orangegelb überging und dann durch Glühen nicht weiter verändert wurde. Nach dem völligen Auswaschen der Schmelze mit kaltem Wasser blieb das Uranat als orangegelbes, glänzendes Pulver zurück, welches nach dem Trocknen bei 100° C. durch gelindes Glühen im Platintiegel, wodurch es nicht im mindesten alterirt wurde, gänzlich wasserfrei gemacht wurde.

Die Darstellung des Natrium- und Lithiumuranates geschah genau ebenso, wie es für das entsprechende Kaliumsalz im Vorstehenden mitgetheilt wurde.

Die Gewichtsanalysen ergaben für vorgenannte Salze folgende Formeln:

Kaliumuranat $U_2O_7K_2$
Natriumuranat $U_2O_7Na_2$
Lithiumuranat UO_4Li_2.

Während also Kalium- und Natriumoxyd mit Uranyloxyd nach der oben beschriebenen Darstellungsmethode Diuranate bilden, ist das auf dieselbe Weise erhaltene Lithiumuranat, UO_4Li_2, ein normales, den neutralen Chromaten, Molybdaten und Wolframaten entsprechendes Salz.

Normale Uranate waren bisher nicht bekannt, und der durch vorstehende Untersuchung gelieferte Beweis der Existenz eines solchen ist hauptsächlich deshalb interessant, weil er ein neues starkes Moment, welches für die Stellung des Urans in die Reihe Chrom, Molybdän, Wolfram im Mendelejeff'schen System spricht, bildet.

Die beschriebenen 3 Alkaliuranate sind unlöslich in Wasser, dagegen leicht löslich in Säuren, selbst in verdünnter Essigsäure. Sie färben sich beim Erhitzen dunkel blutroth, ähnlich den Chromaten und nehmen beim Erkalten die ursprüngliche Farbe wieder an; sie zeigen selbst bei Weißglut nur

eine minimale Zersetzung; sie krystallisiren nach den Beobachtungen des Professor Haushofer in Formen des rhombischen Systems und sind eigenthümlicher Weise isomorph.

Das Lithiumuranat unterscheidet sich von den beiden anderen beschriebenen Uranaten hauptsächlich dadurch, daß es durch heißes Wasser langsam zersetzt wird, indem Lithiumhydroxyd in Lösung geht und sich gelbes Uranylhydroxyd bildet; es gelang jedoch nicht die Zersetzung, welche lange Zeit in Anspruch nimmt, vollständig zu Ende zu führen.

Cadmium.

Schwefelcadmium. Wiederholt ist der Vorschlag gemacht worden, das Schwefelcadmium wegen seiner schönen gelben Farbe als Farbstoff zu verwenden und insbesondere sich desselben beim Zeugdruck zu bedienen. Der Verwendung zu letzterem Zwecke standen hauptsächlich zwei Hindernisse entgegen, nämlich der hohe Preis des Cadmiums und der Umstand, daß das Schwefelcadmium bei den bisher angewendeten Methoden, es auf die Faser aufzudrucken, Neigung zeigte, auszulaufen. Diese Schwierigkeiten sind indessen jetzt überwunden, da einerseits das metallische Cadmium jetzt zu 12 Mark pro Kilo, das Nitrat desselben somit zu etwa 5 M. 20 Pf. pro Kilo zu beschaffen ist und da es andrerseits gelungen ist, den bei der Verwendung des Sulfürs im Zeugdruck hervorgetretenen Uebelständen durch geeignete Fixirungsmethoden zu begegnen. H. Schmid[1]) berichtet hierüber Folgendes:

„Bei der Einwirkung von Cadmiumnitrat auf Natriumthiosulfat (unterschwefligsaures Natron) bildet sich anfangs Cadmiumthiosulfat, welches sich in der Wärme in Sulfür und Schwefelsäure zersetzt, entsprechend der Gleichung:

$$CdS_2O_3 + H_2O = CdS + H_2SO_4$$

Wird daher ein mit dickem Gummiwasser angerührtes Gemisch aus etwa gleichen Theilen Cadmiumnitrat und Natriumthiosulfat auf ein Stück Zeug aufgedruckt und letzteres darnach gedämpft, so wird das entstehende Cadmiumsulfür auf

1) Bulletin de la Société industr. de Mulhouse 1880, p. 374.

der Faser vollständig fixirt; aber das mit Hülfe des Natriumthiosulfates erzeugte Cadmiumgelb ist eben dem Fließen unterworfen. Schmid überzeugte sich nun, daß wenn man ein mit einem geeigneten Verdickungsmittel angerührtes Gemisch von essigsaurem Natron, arseniger Säure, Schwefel und einen Cadmiumsalz aufdruckt und dämpft, ebenfalls die Bildung eines sehr schön nüancirten, lebhaft gelbem Schwefelcadmiums statt hat und die Fixirung desselben erfolgt, ohne daß der erwähnte Uebelstand des Fließens eintritt. Ohne Zweifel spielt hierbei die arsenige Säure die Rolle eines Reductionsmittels. Da indessen die Anwendung der arsenigen Säure beim Zeugdruck in verschiedenen Ländern gesetzlich verboten ist, so hat E. Jaquet[1]) dieselbe durch andere Reductionsmittel zu ersetzen gesucht und im Zinnchlorür ein geeignetes Ersatzmittel gefunden. Bei Anwendung von Zinnchlorür erweist sich nach Jaquet zweistündiges Dämpfen als ausreichend, doch ist ein einstündiges Dämpfen unter einem Druck von 1 1/2 Atmosphären noch vorzuziehen.

Besonders schätzenswerth ist die Eigenschaft des Cadmiumgelbs, der Einwirkung der Seife vollkommen zu widerstehen. Durch Chlor wird es zerstört, auch leidet es unter der Einwirkung des Lichtes, immerhin jedoch weniger als das mit Quercitron u. dergl. erzeugte Gelb. Uebrigens läßt sich das Cadmiumgelb mit vielen anderen Dampffarben gemischt auftragen und kann so zur Erzeugung sehr mannigfaltiger Nüancen dienen. Jaquet glaubt daher daß dem Cadmiumgelb eine ausgedehnte Verwendung im Zeugdruck bevorstehe.

Von der ausgesprochenen Neigung des Cadmiums sich mit dem Schwefel zu verbinden hat übrigens Jaquet noch anderweiten nützlichen Gebrauch gemacht. Er überzeugte sich, daß ein mit Cadmiumnitrat und etwas essigsaurem Natron versetztes Chromgelb der Wirkung eines kräftigen Schwefelwasserstoffstromes ausgesetzt werden konnte, ohne daß die Bildung von Schwefelblei erfolgte und kann man somit das Chromgelb auf diese Weise gegen die vielfach vorhandene Gefahr der Schwärzung schützen. Nach diesen Beobachtungen führt Jaquet auch den Vortheil, welchen der Zusatz von Brech-

1) Bulletin de la Soc. industr. de Mulhouse 1880, p. 379.

weinstein zum Chromgelb anerkanntermaaßen gewährt, auf die Neigung des Antimons, sich mit dem Schwefel zu verbinden, zurück.

Kupfer.

Das Guyard'sche Violet wird nach S. Depierre[1]) durch Fällen von Kupferammoniumsulfat mit Ferrocyankalium, Auswaschen, Trocknen und Erhitzen des Niederschlages in einer Porzellanschale erhalten. Bei 170° entweicht Cyan und Ammoniak, das Pulver nimmt Sauerstoff auf und färbt sich schön violet. Das so erhaltene Violet zeichnet sich durch große Deckkraft und Widerstandsfähigkeit gegen verdünnte Säuren und Alkalien aus. Bei 200° geht es in Blau, bei 240—250° in Grün über.

Aluminium.

Die Pennsylvania Nickel Works[2]) in Philadelphia sollen neuerdings Aluminium nach einem neuen billigen Verfahren ohne Natrium herstellen. Dieselben ersetzen auch das Vernickeln von Eisen, Kupfer und Messing durch Ueberziehen mit einer Legirung von Aluminium und Nickel, welche silberweiß, sehr politurfähig und widerstandsfähig gegen atmosphärische Einflüsse sein soll, und liefern dazu Anoden von einer als „Aluni" bezeichneten Nickel-Aluminiumlegirung.

Aluminiumpalmitat. Unter diesem Namen kommt neuerdings eine Verbindung von Thonerde mit Palmitinsäure in den Handel, welche ein harzähnlicher Körper ist und nach K. Lieber[3]) folgende bemerkenswerthe Eigenschaften besitzt. Das Aluminiumpalmität schmilzt erst bei höherer Temperatur als Dammar- und Copalharz, löst sich leicht in Terpentinöl und Benzin auf und giebt selbst beim Lösen in der fünffachen Gewichtsmenge des Lösungsmittels noch eine Lösung von lackartig dickflüssiger Consistenz, ist also sehr ausgiebig. Der so

1) Wagner's Jahresber. für 1880, S. 399, nach Bulletin de la Soc. industr. de Rouen 1879, p. 257.
2) Deutsche Industriezeitung 1880, S. 311.
3) Dingler's polyt. Journal 1881, Bd. 240, S. 243.

bereitete Lack schlägt auf Papier nicht durch, trocknet bald und wird nach dem Trocknen nicht brüchig, sondern bleibt biegsam. Der Lack hat einen schönen Seidenglanz und verträgt jeden Zusatz von Dammar und Copal. Diese verleihen ihm einen höheren Glanz. Das Aluminiumpalmitat soll zum Leimen des Papiers (statt des Harzleims) Verwendung finden und dürfte ferner für Tapetenfabriken, Cattundruckereien, Appreturanstalten, für Lackfabriken, für die Fabrikation von künstlichem Leder, von wasserdichten Zeugen ꝛc. von Wichtigkeit sein. Auch als Füllstoff für Seifen soll das Aluminiumpalmitat in Anwendung sein.

Quecksilber.

Ueber Amalgame. Um festzustellen, ob Amalgame beim Erhitzen ihr Quecksilber continuirlich oder in bestimmten Abstufungen entsprechend einer bestimmten Constitution derselben, verlieren, erhitzten V. Mertz und Weith [1]) eine große Anzahl von Amalgamen in einer Röhre innerhalb eines Bades von Diphenylamin, Schwefel oder Quecksilber. Die angewandten Amalgame von Au, Ag, Pb, Cu, Sn, Bi, Zn, Cd, Na, K enthalten durchschnittlich 60—80 Proc. Quecksilber und werden diejenigen des Na und K jedesmal eine bestimmte Zeit, die übrigen aber so lange erhitzt, bis nur noch eine kleine oder gar keine Gewichtsabnahme zu erkennen ist. Von den genannten Amalgamen verlieren die von Au bis Cd ihr Quecksilber ganz oder doch bis auf geringe Mengen bei oder noch unter der Siedetemperatur des Quecksilbers, und hat man es hier wahrscheinlich nur mit molecularen Verbindungen, wenn auch vielleicht nach festen Verhältnissen zu thun. Die Amalgame des K und Na verlieren sogar bei der Siedetemperatur des Schwefels ihr Quecksilber nur sehr langsam, und sprechen auch die merkwürdigen Schmelzpunktsverhältnisse für das Vorhandensein wirklicher chemischer Verbindungen. Zuerst wächst der Schmelzpunkt der Amalgame sehr rasch mit ihrem Gehalt an Alkalimetall, um dann später zu sinken. Das

1) Beiblatt zu den Annalen der Chemie u. Physik 1881, Bd. 5, S. 635, nach Ber. d. deutschen chem. Ges., Bd. 14, S. 1438.

Schmelzen tritt übrigens sehr langsam ein, und gelten die folgenden Werthe nur angenähert. S ist der Schmelzpunkt, der Gehalt an Na, resp. K unter Na und K ist in Procenten angegeben.

Na	S	K	S
3,0	152—160°	3,0	85—95°
9,3	276 - 299	4,7	175—184
14,0	170—190	6,5	198—206
24,8	160—180	9,8	240—245
34,0	168—175	18,2	175—185
37,9	152—159	26,0	153—160
		29,8	147—152

Platin.

Das Atomgewicht des Platins ist von K. Seubert 1) aufs Neue bestimmt worden. Dasselbe wurde seither zu etwa 197 angenommen. Die Angaben schwanken zwischen 196 und 198. Die Untersuchungen Seubert's führten zu der Zahl 194,46. Bezüglich der Einzelheiten des in Anwendung gebrachten Verfahrens sei auf die Originalabhandlung verwiesen. Nach dem von Seubert ermitteltem Werthe würde das Atomgewicht des Platins zwischen das des Iridiums (193,22) und das des Goldes (196,2) fallen und wäre somit eine der Ausnahmen beseitigt, welche die Gruppe der Platinmetalle vom Gesetze der periodischen Atomistik zu machen schien. Noch besteht eine andere solche Ausnahme in der Einreihung des Osmiums mit dem Atomgewichte 198,5 hinter dem Golde, während es sehr wahrscheinlicher Weise mit 192 vor das Iridium zu stellen ist. Seubert bezeichnet eine Wiederholung der Bestimmung des Atomgewichtes des Osmiums als wünschenswerth.

Die Reinigung des Platins. Bekanntlich beschloß die französische Regierung die Anfertigung der Normalmaßstäbe der Firma Johnson & Matthey in London zu über-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881, Bd. 14, S. 865, im Auszuge aus d. Habilitationsschrift d. Verf. — Ann. d. Chemie Bd. 207, S. 1.

tragen, welche schon früher das reine Platin und unreines, etwa 95 Proc. haltendes Iridium zu diesem Zwecke geliefert hatte. Georg Matthey[1]) beschreibt nun die Reindarstellung dieser zwei Metalle der Platingruppe und die Erzeugung des Platiniridiums. Die käufliche Legirung wird mit dem sechsfachen Gewicht reinen Bleies zusammengeschmolzen, granulirt und allmählich in verdünnter Salpetersäure (1 : 8) gelöst. Um die Lösung zu beschleunigen, bringt man die granulirte Legirung im Porzellangefäße, wie sie zur Aufnahme des Braunsteins in der Chlorfabrikation verwendet werden. Nachdem der erste Theil der Säure gesättigt ist, wird eine frische Menge zugefügt, bis keine weitere Reaction mehr bemerkbar ist; dadurch wird der größere Theil des Bleies in Lösung gebracht nebst Antheilen von Kupfer, Eisen, Palladium und Rhodium. Diese Metalle werden aus der Mutterlauge nach einander abgeschieden; das Bleinitrat durch Krystallisation, die anderen in bekannter Weise. Der metallische Rückstand stellt ein amorphes schwarzes Pulver dar (für seine weitere Verarbeitung die geeignetste Form), bestehend aus Platin, Blei und den kleinen Mengen der anderen vorhanden gewesenen Metalle, das Iridium in schön krystallinischem Zustande, unlöslich in Salpetersäure, enthaltend. Derselbe wird mit schwachem Königswasser behandelt, wobei vollständige Lösung von Platin und Blei erfolgt und unreines Iridium zurückbleibt. Die Lösung wird unter Zusatz einer zur Fällung des Bleies hinreichenden Menge von Schwefelsäure eingedampft, aus dem Rückstand mit destillirtem Wasser das Platinchlorid in Lösung gebracht und nun zur Fällung desselben ein Ueberschuß von Salmiak und Kochsalz zugesetzt, damit der gefällte Niederschlag sich in einer gesättigten Lösung dieser Chloride befindet. Die Flüssigkeit wird auf 80° erhitzt und einige Tage stehen gelassen, wodurch der Platinsalmiak sich vollständig abscheidet und die Flüssigkeit von dem stets vorhandenen Rhodiumdoppelsalze eine Rosafärbung annimmt. Der Niederschlag wird nun rasch nach einander mit einer gesättigten Salmiaklösung und mit mittels Salzsäure angesäuertem Wasser gewaschen. Die kleinen dadurch

1) Dingler's polyt. Journal 1881, Bd. 240, S. 213, nach Iron 1879, Bd. 13, S. 654 u. 678.

in Lösung gehenden Mengen des Platindoppelsalzes werden nachher wieder gewonnen. Der gewaschene Niederschlag ist stets noch Rhodium haltig; er wird nach dem Trocknen mit Kaliumbisulfat und etwas Ammoniumbisulfat allmählich bis zur dunkeln Rothglut in einem Platingefäß erhitzt. Dadurch wird Platin reducirt und bleibt in völlig reinem Zustande in der Schmelze, aus welcher durch kochendes Wasser Kaliumsulfat und alles Rhodium als Rhodiumkaliumsulfat ausgezogen wird. Das so erhaltene Platin ist frei von Rhodium und allen anderen Metallen und besitzt das höchste erreichbare specifische Gewicht von 21,46. Bezüglich der von Matthey ebenfalls beschriebenen Reindarstellung des Iridiums sowie der Platiniridiumlegirnng verweisen wir auf das Original.

Ueber die Metallurgie des Platins liefert H. Bush[1]) eine Abhandlung, welche neben vielen größtentheils Bekannten auch einige Mittheilungen über die Anwendung von Platinlegirungen enthält. Eine Legirung von 9 Thl. feinem Gold und 1 Thl. Platin besitzt nahezu die Farbe des Goldes und große Elasticität und dient zur Herstellung von Federn für künstliche Gebisse. Mit Silber in verschiedenen Verhältnissen legirt, wird das Platin in beträchtlichen Massen unter dem Namen „Zahnlegirung" zu Platten, Haken und Nieten für künstliche Gebisse verwendet, z. B. eine Legirung von 32 Proc. Platin und 68 Proc. Silber. Eine gute Mischung für Schreibfedern, welche dem Rosten nicht unterworfen sind, wird aus 4 Th. Platin, 3 Th. Silber und 1 Th. Kupfer hergestellt. Eine gute Mischung für kleine, einen schönen Ton gebende Glocken kann aus 100 Th. Nickel, 20 Zinn, 2 Silber und 1 Platin gemacht werden. Die für zahnärztliche Zwecke verwendeten sogen. Platinamalgame enthalten nach G. Janecek (Chemische Industrie, 1879 S. 249) kein Platin, sondern sind aus Silber, Zinn und Quecksilber zusammengesetzt.

Zur Kenntniß der Platinmetalle sind von Th. Wilm[2]) Beiträge geliefert worden. Die Hauptresultate seiner Beobachtungen lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

---

1) Dingler's polyt. Journal 1881, Bd. 240, S. 216, nach Centralzeitung für Optik u. Mechanik Bd. 2, S. 30.
2) Ber. d. deutschen chem. Ges. 1880, Bd. 14, S. 629.

1. Die mit Eisen, Zink, Wasserstoff oder ameisensaurem Natrium gefällten Platinmetalle, besonders Palladium und Rhodium zeigen bei gleichzeitiger Einwirkung von Salzsäure und Luft eine auffallend leichte Löslichkeit und Oxydirbarkeit. Uebergießt man z. B. reines durch Reduction der gelben Palladiumbase in Wasserstoff erhaltenes Palladium mit wenig Salzsäure und läßt bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft stehen, so bildet sich in 1 bis 2 Tagen eine concentrirte, rein braungelbe Lösung von $PdCl_2$. Auf Zusatz von Chlorammonium krystallisirt das schöne Palladiumchlorürammonium in großen grünen Säulen mit braunem Dichroismus aus.

2. Das reine Rhodium besitzt eine Absorptionsfähigkeit für Wasserstoff, wie sie kaum das Palladium zeigt, für welches allein bis jetzt diese Fähigkeit constatirt war. — Je nach seiner verschiedenartigen Dichte und Oberflächenbeschaffenheit absorbirt es den Wasserstoff in größerem oder geringerem Grade.

3. Die Platinmetalle besitzen die charakteristische, sei es auf Contact- oder Oberflächenwirkung, oder auf wirklich chemischer Affinität beruhende Eigenschaft, aus einer Lösung, welche auch andere unedle Metalle (namentlich Kupfer und Blei) enthält, nicht in reinem Zustande sondern mit einem Gehalte an jenen Metallen niedergeschlagen zu werden.

Kohlenwasserstoffe.

Petroleum.[1])

Neue Fundorte des Petroleums. — Gegenüber den gerade in den letzten Jahren so zahlreich wiederkehrenden Meldungen über neue aussichtsvolle Petroleumquellen ist zu berücksichtigen[2]), daß die meisten dieser Funde schon in Folge geringer Qualität des Oeles bedeutungslos sind. Aber auch für den Fall guter Qualität des Oeles ist bei Beurtheilung der Lebensfähigkeit neuer Petroleumindustriedistricte zu berücksichtigen, daß nur bei leichter und billiger Communikation

1) Die Mittheilungen über Petroleum wurden durch v. Cochenhausen zusammengestellt.
2) Zeitschr. f. chem. Großindustrie 1877, S. 382.

an eine Concurrenz mit dem Petroleum von Pennsylvanien zu denken ist, wo bekanntlich durch Röhrenleitungen die Beförderung des Oeles von den Quellen zur Bahn ganz ungewöhnlich vereinfacht ist.

Unter den Petroleumfundorten in Deutschland scheinen die in der Provinz Hannover die aussichtsvollsten zu sein. Das betreffende Lager [1]) beginnt im Süden bei Kreiensen, zieht sich westlich an Hannover vorbei und findet seine nordöstliche Grenze bei den bekannten Erdölquellen der Gegenden von Peine, Braunschweig und Celle. Bis jetzt scheinen jedoch die Bohrungen noch nicht die richtigen Klüfte getroffen zu haben. In Oelheim bei Peine [2]) soll am 21. Juli 1881 ein selbständig fließender Pètroleumbrunnen (flowing well) erschlossen worden sein, welcher bei etwa 200 Fuß Tiefe stündlich 10 Barrel reines Oel liefert.

Eingehende Mittheilungen über Vorkommen, Raffination ꝛc. in Nordamerika geben Höfer in „Petroleumindustrie Nordamerikas“ Strippelmann, in „Petroleumindustrie Oestreich-Deutschlands“ und Fischer im Polyt. Journal. Bd. 228. S. 531.

Die wichtigsten im Handel befindlichen Destillate des Petroleums. — Bei der großen Verwirrung, welche noch immer in den Namen der Destillationsproducte des Petroleums herrscht, seien diejenigen angeführt, welche gegenwärtig in Nordamerika, in England und neuerdings vielfach auch in Deutschland gebräuchlich sind [3]):

1. Spec. Gew. = 0,65—0,66. Siedep. 40—70°. Petroleumäther (Keroselen, Rhigolen, Sherwood-Oel). Lösungsmittel für Harze, Kautschuk und Oel, zur localen Anästhesie bei chirurgischen Operationen und zu Kälteerzeugungszwecken.

2. Spec. Gew. 0,66—0,69. Siedep. 70°—90°. Gasoline oder Gasolene (Canadol). Zur Extraction von Oelen aus Samen ꝛc. Zur Wollentfettung und für Luftgasmaschinen.

3. Spec. Gew. 0,69—0,70. Siedep. 80°—100°. Naphta oder Benzin (Fleckwasser, Safety Oil, Danforths Oil) zum

---

1) Zeitschr. f. Paraff. 1879, S. 115.
2) Weserzeitung Nr. 12309 (Morgenausgabe).
3) Wagner, Chemische Technologie, 11. Aufl. 1880, S. 1036.

Verfälschen des raffinirten Petroleums und in großer Menge zu Heizzwecken.

4. Spec. Gew. 0,71—0,73. Siedep. 80°—170°. Ligroine. Zum Brennen in den Ligroinlampen und zur Bereitung von Leuchtgas.

5. Spec. Gew. 0,73—0,75. Siedep. 120—170. Putzöl. Zum Putzen von Maschinentheilen, als Terpentinöl-Surrogat, zum Verdünnen von Oelfarben, Lacken ꝛc.

Oberhalb dieser Temperaturen geht zu Beleuchtungszwecken dienendes, raffinirtes Petroleum (Kerosin, Kerosen) über, hierauf Paraffinöl und Leuchtgas.

Was die chemische Constitution der Erdöle betrifft, so nahm man bisher an, daß alle Sorten, gleichviel von welcher Consistenz, ob dünnflüssig wie das Erdöl von Pennsylvanien und von Baku, oder von Butterconsistenz wie der Rangoontheer, Gemenge von homologen Kohlenwasserstoffen von der Formel $C_n H_{2n+2}$ seien, deren Anfangsglied das Sumpfgas CH_4 ist. Von diesen Kohlenwasserstoffen sind im amerikanischen Petroleum eine große Anzahl nachgewiesen worden. Die aus dem Petroleum sich entwickelnden Gase bestehen wesentlich aus Methan (Sumpfgas), Aethan und Propan. Die flüssigen Antheile scheinen dagegen in den verschiedenen Petroleumsorten einen verschiedenen chemischen Charakter zu haben. Die flüchtigsten flüssigen Antheile des amerikanischen Petroleums sind Gemenge von Butanen und Pentanen. Die Bestandtheile des als Lampenöl verwendeten Petroleums sind Kohlenwasserstoffe, welche zwischen den Heptanen $C_7 H_{16}$ und Dodekanen $C_{12} H_{26}$ liegen. Die höheren Glieder der Reihe haben beträchtliche Consistenz und sind zusammengesetzt nach den Formeln $C_{18} H_{38}$ bis $C_{30} H_{62}$. Aus einer Zusammenstellung [1]) über die specifischen Gewichte und Siedepunkte einiger kaukasischen und amerikanischen Petroleumsorten geht jedoch hervor, daß die kaukasischen Oele zwar durchschnittlich gleichen Siedepunkt zeigen, daß aber die bei gleichen Temperaturen überdestillirten Oele specifisch schwerer und auch schwerer brennbar sind als die amerikanischen. Das Destillat von 280° z. B. hat bei kaukasischem Oel das spec. Gewicht

1) Polyt. Journ. Bd. 227, S. 78 u. 161.

0,822 — 0,835, bei amerikanischem 0,785 — 0,786. Beilstein und Kurbatow [1]) haben die gleiche Beobachtung gemacht. Nach denselben nähern sich die Kohlenwasserstoffe des kaukasischen Oeles der Formel C_nH_{2n}. Sie sind demnach wasserstoffärmer als die des amerikanischen Petroleums. Sie bestehen jedoch nicht aus Homologen des Aethylens C_2H_4, sondern sind identisch mit den Additionsproducten der aromatischen Kohlenwasserstoffe C_nH_{2n-6}, von denen Wreden [2]) folgende synthetisch dargestellt hat:

Hexahydrobenzol	C_6H_{12}	spec.	Gew.	0,76	Siedep.	69°
Hexahydrotoluol	C_7H_{14}	„	„	0,772	„	97°
Hexahydroisoxylol	C_8H_{16}	„	„	0,777	„	118°

Die durch Fractioniren dargestellten Kohlenwasserstoffe hatten

						kaukasisches	amerikan. Petr.
bei	80°	das	spec.	Gew.		0,717	0,669 (Hexan)
„	80°—85°	„	„	„		0,733	
„	85°—90°	„	„	„		0,741	
„	90°—95°	„	„	„		0,745	
„	95°—100°	„	„	„		0,748	0,699 (Heptan)
„	100°—105°	„	„	„		0,752	

Aber auch das amerikanische Petroleum, welches vorzugsweise aus den homologen Kohlenwasserstoffen des Sumpfgases besteht, enthält kleine Mengen von Additionsproducten der Benzolkohlenwasserstoffe C_nH_{2n}, aus welchen das kaukasische hauptsächlich besteht.

In den Destillationsrückständen von pennsylvanischem Petroleum fand Morton einen in gelben Blättchen krystallisirenden, mit dem Anthracen isomeren Kohlenwasserstoff $C_{14}H_{10}$, den er Thallen nennt. Nach Hemilian [3]) wird derselbe Körper Petrocen genannt und ist nach der Formel $C_{32}H_{22}$ zusammengesetzt. Ebenso haben Prunier und David [4]) aus demselben Material eine Anzahl sehr kohlenstoffreicher Producte

1) Ber. d. deutschen chem. Ges. 1880, S. 1818 u. 2025.
2) Liebig's Annalen Bd. 187, S. 166.
3) Zeitschr. f. Paraff. 1878, S. 59.
4) Ber. d. deutschen chem. Ges. 1879, S. 366 u. 843.

(88—96% Kohlenstoff enthaltend) isolirt, welche sich ebenfalls mit den unter den Destillationsproducten der Steinkohle findenden Anthracen, Phenanthren, Chrysen ꝛc. identisch oder isomer erwiesen haben sollen.

Ueber die Verwendbarkeit des Petroleums als Beleuchtungsmaterial geben uns mehrere Eigenschaften desselben Aufschluß: Die Farbe, der Geruch, die Leuchtkraft, die Schnelligkeit und Leichtigkeit, mit welcher das Oel vom Docht aufgesogen wird (specifisch schwere Oele werden vom Docht schwerer aufgesogen, als specifisch leichte Oele), die Spannung der beim Erwärmen aus dem Oel sich entwickelnden Dämpfe, der Gehalt an Schwefelsäure (von der Raffination herrührend), das Verhalten gegen conc. Schwefelsäure von 1,53 spec. Gewicht (ein reines Petroleum erscheint, damit durchgeschüttelt, nicht dunkler, sondern wird vielmehr meistens heller; bei Anwesenheit von Destillaten aus Braunkohlen, Torf ꝛc. tritt gleichzeitig eine Temperaturerhöhung von 20 bis 50° C. ein). Der wichtigste Anhaltspunkt für die Prüfung eines Petroleums auf seine Feuergefährlichkeit bleibt jedoch stets die Bestimmung seines Entflammungspunktes.

Unter Entflammungspunkt (flashing point) versteht man denjenigen Temperaturgrad, bei welchem das Petroleum an die über ihm befindliche Luft so viel Dämpfe abgiebt, daß ein entflammbares Gemisch entsteht. Alles amerikanische Petroleum wird vor dem Export amtlich auf seine Feuersgefahr untersucht. Entweder ist diese Probe in den amerikanischen Häfen nicht genügend, oder es werden nachträglich Destillate von höherem spec. Gewicht mit den leichtesten Destillationsproducten des Rohpetroleums, der sogenannten Naphta, vermischt und dadurch Oele vom specifischen Gewicht der gewöhnlichen Brennöle erhalten. Ein wie geringer Zusatz von Naphta genügt, um den Entflammungspunkt des Petroleums bedeutend zu erniedrigen, zeigen die Versuche von White,[1]) nach welchem der Entflammungspunkt eines Petroleums, welches bei 44° C. entzündbare Dämpfe lieferte, durch Zusatz von 1 Proc. Naphta auf 39,5° C., von 2 Proc. auf 33°, von 5 Proc. auf 28°, von 10 Proc. auf 15°, von 20 Proc. auf 4,5° herabging.

1) Deutsche Industriezeitung 1879, S. 74.

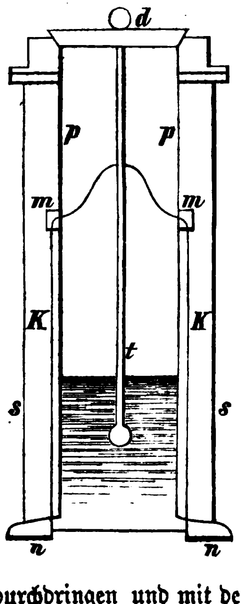
Ein solches Mischöl aus einem specifisch zu leichten und einem zu schweren Oel brennt, obgleich es dasselbe mittlere specifische Gewicht besitzt, wie das für gutes Petroleum erforderliche, viel schlechter, wie ein nicht mit leichten Oelen versetztes Destillat von demselben spec. Gewicht. Es kann daher das spec. Gewicht eines Petroleums keinen Anhalt für die Reinheit desselben geben, da der für eine Petroleumsorte gefundene Werth desselben doch immer nur das Mittel aus den Einzelwerthen von sehr vielen qualitativ und quantitativ unbekannten Gliedern anzeigt. Aus demselben Grunde wird das von Skalweit[1]) vorgeschlagene Lichtbrechungsvermögen, wie von Engler und Haaß nachgewiesen worden ist, kein Kriterium für die Brauchbarkeit einer Petroleumsorte sein. Es bleibt somit für eine rationelle Prüfung des Petroleums auf seine Feuergefährlichkeit nur die möglichst exacte Bestimmung des Entflammungspunktes übrig, welche in Verbindung mit einer rasch und einfach ausführbaren Destillationsprobe über Beschaffenheit und Brauchbarkeit eines Petroleums für alle Fälle der Praxis genügend Aufschluß zu geben vermag.

Im Allgemeinen sind wohl zuviel Petroleumprober ersonnen und empfohlen und dadurch die Auswahl des wirklich Brauchbaren und Zuverlässigen für den Laien sehr erschwert worden. Alle diese Apparate beruhen im Wesentlichen auf zwei verschiedenen Principien. Bei dem einen wird die Dampfspannung gemessen, welche das Petroleum bei bestimmten Temperaturen zeigt, bei den andern der Temperaturgrad bestimmt, bei welchen das Petroleum Feuer fängt. Dort wird also auf die Feuergefährlichkeit indirect geschlossen, hier wird sie direct ermittelt. Bei der Construction der meisten Apparate ist nur auf den Entflammungspunkt Rücksicht genommen. Man bestimmt denselben dadurch, daß man das zu prüfende Petroleum in einem mehr oder weniger gefüllten, offnen oder geschlossenen Gefäß solange erwärmt bis bei Annäherung irgend eines Zündmittels ein vorübergehendes Aufflammen oder eine Explosion über dem Oelniveau eintritt. Engler

1) Hannoversche Monatsschr. „Wider die Nahrungsfälscher" (letztes Decemberheft) 1880.
2) Zeitschr. f. analyt. Chemie XX. S. 362.

und Haaß[1]) haben eine große Anzahl der zu diesem Zweck vorgeschlagenen Petroleumprüfer einer kritischen Untersuchung unterworfen und haben die Gründe nachgewiesen, weshalb der Entflammungspunkt ein und derselben Petroleumsorte mit den verschiedenen Apparaten verschieden hoch gefunden wird. Aus dem einen oder andern dieser Gründe sind daher auch fast alle vorgeschlagenen Apparate unbrauchbar. Am exactesten fallen die Resultate mit dem von Haaß[1]) vorgeschlagenen Apparat aus.

Fig. 43.



Der Petroleumprüfer von Haaß beruht auf dem von Victor Meyer ausgesprochenen Princip, wonach als die wahre Entflammungstemperatur des Petroleums diejenige bezeichnet werden muß, bei welcher sich eine mit dem Petroleum geschüttelte Luftmenge durch Einführung einer kleinen Flamme entzünden läßt. Die Entzündung wird nach dem Vorschlag von Engler durch einen electrischen Funken bewirkt. An einem etwa 3 Ctm. breiten und 12 Ctm. hohen Glascylinder pp mit Fuß (Fig. 43) sitzt oben eine Messingfassung und an dieser mittelst Scharnier befestigt ein hermetisch schließender Klappendeckel d. Die Polenden sind in Form von Platindrähten in Messingfassungen mm, eingeschraubt. Außerhalb stehen die Platindrähte in leitender Verbindung mit den Kupferdrähten KK, welche in Bohrungen den Glasfuß durchdringen und mit den Messingplättchen nn verbunden sind. Der Cylindermantel s aus Glas soll veranlassen, daß zwischen beiden Cylindern eine Luftschicht abgeschlossen werde, welche auch nach dem Herausnehmen des ganzen Apparates

1) Zeitschr. f. analyt. Chemie XX. S. 1.
2) Chem. Industrie 1880, S. 123.

aus einem zur Erwärmung dienenden Luftbad die Temperatur des Petroleums noch einige Zeit constant erhält. Zur Erwärmung des Apparates dient ein kupfernes Gefäß, welches mit einer Thonplatte bedeckt ist. Ueber der Thonplatte ist ein, an beiden Enden offener, 9 Ctm. weiter und 18 Ctm. hoher Glascylinder in messingenem Gestelle derart befestigt, daß er höher oder tiefer gestellt werden kann, sodaß, entsprechend dem unten freibleibenden Schlitz, die warme Luft rascher oder langsamer durch den Cylinder strömt, in welchem mittelst Einsatzring der oben beschriebene Apparat eingesetzt wird. Bei Ausführung der Probe füllt man den innern Cylinder mit dem zu prüfenden Oel bis zu einer vorhandenen Marke an, setzt den Schutzmantel ss auf und hängt das Ganze in das Luftbad. Ist die Temperatur, bei der man prüfen will, erreicht, so nimmt man den Apparat aus dem Luftbad und schüttelt unter festem Andrücken des Klappendeckels. Man stellt nun den Apparat so, daß durch die Messingplättchen nn eine Verbindung mit den Polenden eines Inductionsapparates hergestellt ist, läßt eine Minute zum Absetzen des Oelstaubes stehen, liest am Thermometer t die Temperatur des Petroleums ab und läßt den Funken eine Secunde lang überspringen. Findet dabei keine Entflammung unter Aufklappen des Deckels statt, so wird die Erwärmung um je einen Grad solange fortgesetzt, bis die Entzündung eintritt.

Der Apparat hat jedoch den Nachtheil, daß er in Folge seines complicirten Mechanismus für die Hand Desjenigen, der mit chemisch-physikalischen Manipulationen nicht völlig vertraut ist, wenig geeignet erscheint.

Das von Engler verbesserte Naphtometer von Parrish steht in Bezug auf Zuverlässigkeit und Richtigkeit dem von Haaß construirten am nächsten. Dasselbe (Fig. 44 bis 46) zeichnet sich aus durch Einfachheit der Construction und demgemäß auch größere Billigkeit und leichte Handhabung, welche es auch dem im Experimentiren nicht Bewanderten ermöglicht, die Feuergefährlichkeit eines Petroleums zu bestimmen.

A ist ein Wasserbehälter, bestehend aus einem 14 Ctm. hohen und ebensoweitem eisernen oder kupfernen Cylinder und dem Einsatz BB, welche beide oben durch den hermetisch auf-

sitzenden Deckel mit einander verbunden sind; a ist der Einfülltrichter, b das Ablaufrohr für das Wasser. Das Petroleumgefäß C hängt derart in BB, daß zwischen beiden ein mit Luft gefüllter Raum bleibt, auch ist der Rand von C

Fig. 44.

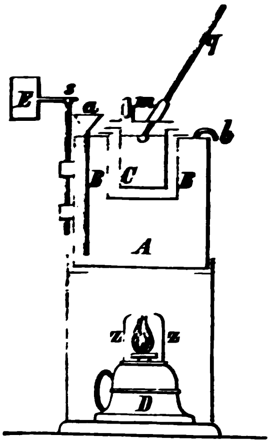
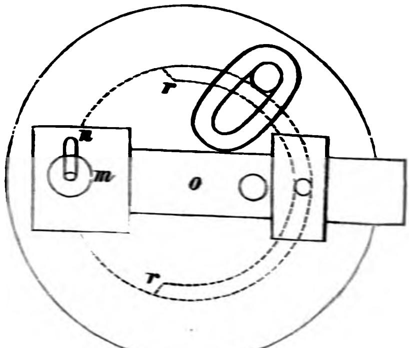
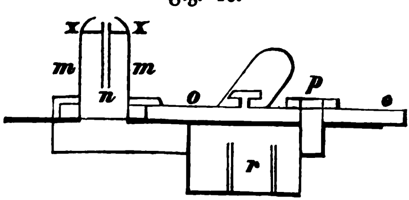


Fig. 45.



durch einen Ebonitring vor directer metallischer Berührung bezw. Wärmeleitung von BB aus geschützt; q ist das Thermometer, E ein kleiner Glascylinder, der durch Drehung über den kleinen Ansatz m des Deckels gestülpt werden kann. Fig. 45 u. 46 zeigen die einzelnen Theile des Deckels. m ist ein kleiner Rohrstutzen mit Dochtdille, n, welche seitlich eintritt, o ein Schieber zum Verschließen bezw. Oeffnen von m und des Luftzutritt vermittelnden Loches p, r ein an den Deckel angelöthetes halbringförmiges Blech, welches bei aufgesetztem Deckel in das Oel eintaucht, sodaß die während jedes

Fig. 46.



Entflammungsversuches durch p eintretende Luft in den durch jenes Blech und die Gefäßwandung gebildeten ringförmigen Raum treten muß, um von hier aus durch eine Anzahl von Schlitzen von allen Seiten über das Oelniveau gegen m zu streichen und die Oeldämpfe zu dem Flämmchen bei n zu führen; xx und zz sind Visirdrähte, deren Spitzen die Höhe des Oelflämmchens und der Spiritusflamme angeben. Bei Benutzung des Apparates füllt man A bis zum Ausfluß bei b mit Wasser, den Oelbehälter bis zur Einfüllmarke mit Oel, setzt den Deckel mit geschlossenem Schieber o auf, stülpt E über den Ansatz m, entzündet die Spiritusflamme, alsdann, während das Thermometer noch mehrere Grade unter der muthmaßlichen Entflammungstemperatur zeigt, das Flämmchen bei n und beginnt mit den Proben. Dabei zieht man den Schieber o zurück, läßt 5 Secunden offen und verschließt dann rasch wieder. In dieser Weise wird von Grad zu Grad fortgefahren, bis Entflammung eintritt und durch die dabei stattfindende Luftbewegung das Flämmchen bei n erlischt. In diesem Moment wird die Entflammungstemperatur abgelesen.

Mag nun die Bestimmung des Entflammungspunktes nach der einen oder andern Methode ausgeführt sein, es ist unbedingt nothwendig, genau anzugeben, nach welcher Methode und bei welchen Dimensionen der angewandten Apparate die Probe vorgenommen worden ist. Denn sonst sind die erhaltenen Zahlen ein Product des Zufalls und gar nicht vergleichbar.

Die als Minimum der zulässigen Entflammungstemperatur gewählten Zahlen sind sehr verschieden und schwanken ungefähr zwischen 35 und 40° C. Nach der Ansicht von Victor Meyer[1]) sind 36° C. unbedenklich als Entflammungstemperatur des Petroleums zulässig, es dürfen jedoch nur solche Lampen dem Gebrauch übergeben werden, in denen nach mehrstündigem Brennen die Temperatur des Oeles die der Umgebung um nicht mehr als höchstens 5° C. überschreitet.

Zwei unter den Namen Möhringsöl und Kaiseröl[2])

---

1) V. Meyer, Gutachten, betreffend eine Verordnung über den Verkehr mit Petroleum. Zürich 1879.

2) Deutsche Industriezeitung 1877, S. 135. 348; 1879, S. 32.

im Handel vorkommenden Oele, welche in besonders construirten Lampen gebrannt werden, sind offenbar ein Petroleum, welches von den niedriger siedenden Theilen befreit ist. Vorzüge dieser Oele vor anderen Brennölen sollen sein: die Beseitigung der Explosionsgefahr und, bei zweckmäßiger Construction der Lampen, höhere Leuchtkraft als gewöhnliches Petroleum. Bei einem sehr hohen Preis besitzen sie jedoch nur sehr geringen Vorzug vor einem guten vorschriftsmäßig gereinigten Petroleum, bei dessem Gebrauch, eine zweckmäßig construirte Lampe vorausgesetzt, eine Explosion ebenfalls kaum denkbar ist.

Als Schmiermittel (Lubricating-Oil) finden die hochsiedenden Erdöle für sich oder gemischt mit fetten Oelen eine immer größere Verwendung, da sie nicht oxydationsfähig sind und also auch keine freien Säuren bilden können, und bei —15° C. noch nicht erstarren. Besonders eignen sich die kaukasischen Oele [1]) wegen ihres hohen spec. Gewichtes zur Fabrikation von Schmierölen und werden gegenwärtig — ohne Zusatz fester Beimengungen — Oele mit 0,94 spec. Gewicht hergestellt, die neben den amerikanischen Oelen eine allgemeine Verbreitung in Europa gefunden haben.

Das Verhalten von Petroleum, Braunkohlentheer ꝛc. bei hoher Temperatur ist von Letny, Liebermann, Burg, Wichelhaus, Salzmann [2]) untersucht worden. Leitet man diese Oele durch rothglühende Röhren oder Retorten, welche mit Holzkohlenstückchen angefüllt sind, so erhält man unter theilweiser Vergasung aromatische Kohlenwasserstoffe, welche größere oder geringere Mengen des für die Farbenindustrie nutzbaren Benzols, Toluols, Anthracens ꝛc. enthalten. Da in dem bei der Bereitung des Leuchtgases aus Petroleumrückständen gewonnenen Theer dieselben Verbindungen nachgewiesen worden sind, so steht außer Zweifel, daß hiermit ein werthvolles Rohmaterial zur Gewinnung von Anilin, Alizarin ꝛc. für die Zukunft gegeben ist.

Vergasung von Theerölen nach Riebeck'schem

---

1) Wagner's Jahresber. 1880, S. 847.

1) Ber. der deutschen chem. Ges. Bd. 10, S. 412. Bd. 11, S. 723. 1210; Polyt. Journ. Bd 229, S. 353.

Verfahren. — A. Riebeck in Halle hat sich ein Verfahren patentiren lassen, durch gleichzeitige Vergasung von Steinkohlen und Paraffinöl die Qualität und Quantität des Gases zu erhöhen. Das Verfahren ist an verschiedenen Orten zur Anwendung gekommen und hat recht günstige Beurtheilung gefunden. Wir geben in Folgendem die Mittheilungen wieder, welche Jenke[1]) auf der Jahresversammlung des Baltischen Vereins der Gasfachmänner über das Riebeck'sche Patentverfahren gemacht hat. Die Ausführung desselben besteht in Folgendem: Indem man die Kohle über ein feines Kokesieb werfen läßt, erhält man 3 Sorten Kohlen. Die Sorte, welche durch das Sieb hindurchgefallen ist, die Klarkohle, wird benutzt, um das Paraffinöl aufzunehmen. Zu diesem Zwecke wird sie ausgebreitet und mittelst einer Gießkanne das Paraffinöl daraufgegossen. Diese Kohle nimmt bis 20 Proc. ihres Gewichtes Paraffinöl auf. Je mehr man später beim Gebrauch von dieser Masse zusetzt, desto stärker wird die Ausbeute an Gas und desto mehr wächst die Lichtstärke desselben; doch ist es nicht rathsam, von der Gesammtbeschickung der Retorte mehr als höchstens 10 Proc. Oel zuzusetzen, 1 bis 3 Proc. werden fast immer genügen. Je länger man das Oel mit Gruskohle in Verbindung läßt, desto wirksamer ist dasselbe. Die Arbeit des Aussiebens kann demnach geschehen, wenn die Arbeiter gerade Zeit haben, sodaß keinerlei Mehrkosten entstehen. Diese ölgetränkte Kohle verliert selbst nach jahrelangem Aufheben nie an Gewicht und ist gegen Selbstentzündung vollkommen geschützt.

Die Kohlen, welche vor dem Siebe liegen geblieben, werden in eine gröbere und feinere Sorte getheilt, indem man sie einfach mit der Harke aufharken läßt. Bei der Verwendung der Kohle, also bei der Einführung derselben in die Retorte, nimmt man so viel von der gröberen Kohle, daß der dritte Theil der Mulde damit gefüllt ist, dann bringt man hierauf möglichst in die Mitte der Mulde den mit Paraffinöl getränkten Steinkohlengrus, wobei jedenfalls zu vermeiden ist, daß dies ölgetränkte Material mit den Seidenwänden der

---

1) Deutsche Industriezeitung 1881, S. 331, nach dem Journ. f. Gasbeleuchtung.

Mulde in Berührung kommt. Auch am Anfang und am Ende der Mulde ca. je 30 Centim. lang, darf keine Oelmasse aufgeschüttet werden. Schließlich wirft man von der vorher gesonderten minder groben Sorte Kohle so viel in die Mulde, als man überhaupt in die Retorte eintragen will. Wird die Mulde nun in die Retorte eingeführt und umgedreht, so liegt dann die Kleinkohle unten, die ölgetränkte Masse in der Mitte und die gröberen Kohlen oben. Auf diese Weise wird vermieden, daß das Oel mit den glühenden Retortenwänden in Berührung kommt und es kann daher keine Entzündung des Oeles durch die Beschickung der Retorte herbeigeführt werden; die Beschickung ist mithin völlig gefahrlos.

Man hat zwar schon oft versucht, Oel, Petroleum, Colophonium ꝛc. zur Verbesserung des Gases mit der Steinkohle gemeinschaftlich einzutragen, doch war die sich sofort entwickelnde Flamme für die Arbeiter oft nicht zu bewältigen, so daß manche Verletzungen stattgefunden haben. Dieser Uebelstand fällt bei dem Riebeck'schen Verfahren ganz weg. Die aus der Retorte ausschlagende Flamme ist, wenn nach diesem Verfahren eingetragen wird, nicht größer als früher ohne Oelzusatz. Durch dasselbe wird aber auch eine ganz andere Destillation des Oeles und der Kohle bewirkt, denn das Oel kann nur spät und langsam in die Destillation eintreten, indem die Gluthhitze erst nach und nach von den Seiten aus an dasselbe herantritt. Dadurch tritt Oelgas und Steinkohlengas auf das Innigste in Verbindung und es entsteht ein vollständig permanentes Gas. Der freigewordene Wasserstoff des Gasöles dringt in alle in der Retorte befindlichen Kohlenstücke und bewirkt eine so ausgezeichnete Aufschließung der darin enthaltenen Harze, daß z. B. bei Zusatz von 1½ Pfd. Oel pro Centner Kohle 1½ bis 2½ Cubikm. Gas mehr erzeugt werden, als bei einer Steinkohlenvergasung, je nach der Güte der Kohle. Bei dem billigen Preise des Oeles (ca. 15 Pfg. pro Pfd.) ist das Verfahren in financieller Beziehung für jede Gasanstalt von großer Bedeutung. Dabei werden aber auch die Koke bedeutend besser; sie sind fest, erhalten einen silbergrauen Schein, brennen ausgezeichnet, und auch ihr Volumen ist größer als früher. Und weiter vermehrt sich durch die Vergasung der Steinkohle mit Paraffinöl die Leuchtkraft des Gases bedeutend. Bei Anwen-

dung von nur 1 Pfd. Oel pro Centner Kohle erzielt man gegen früher ca. 1 1/2 Kerzen Lichtstärke mehr. Der Betrieb wird in keiner Weise schwieriger und keinerlei neue Einrichtungen sind erforderlich. Auch gewinnt der Theer bei Einführung des Verfahrens an Qualität; ebenso vermindert sich der Graphitabsatz in den Retorten. Eine Anfrage, ob genug Paraffinöl für den Fall vorhanden sein würde, daß sämmtliche Gasanstalten das Riebeck'sche Verfahren einführten, beantwortete Jenke unbedingt bejahend.

Naphtalin.

Ueber die Reinigung des Naphtalins theilt G. Lunge[1]) folgendes mit: Bekanntlich röthet sich selbst sehr rein weißes Naphtalin nach kürzerer oder längerer Zeit an der Luft, und erst mehrfache Krystallisationen, Auswaschungen, Destillationen ꝛc. vermögen die Tendenz dazu zu beseitigen. Nun verlangen aber die Fabrikanten von Naphtol ein Naphtalin, welches dem Zustande chemischer Reinheit so nahe wie möglich kommt, und als erstes Kriterium dafür erscheint gerade dessen bleibend weiße Farbe. Auf der anderen Seite kommt, nach als Geheimniß behandeltem Verfahren dargestellt, so billiges reines Naphtalin in den Handel, daß dafür jedenfalls kein complicirter, sondern ein einfacher und billiger Reinigungsproceß angewendet worden sein muß.

Lunge vermuthete, daß die Röthung des Naphtalins derjenigen des Phenols sehr analog, und die Annahme gestattet scheint, es rühre die erstere davon her, daß das Naphtalin sehr schwer von den letzten Spuren von Phenol zu befreien ist. Nun ist es wohl ziemlich allgemeine Ansicht, daß die Röthung des Phenols auf einem Oxydationsprocesse beruht. Das allerreinste Phenol röthet sich nicht, bei Gegenwart auch nur von Spuren höherer Homologen dagegen tritt die Röthung nach kürzerer oder längerer Zeit ein, und es scheint dabei die Gegenwart von Spuren von Mineralsäuren und von Sauerstoff ebenfalls eine unerläßliche Bedingung. Ob wirk-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1881. Bd. 14. S. 1755.

lich unter dem Einflusse der Mineralsäuren Aurin gebildet wird, nach folgender Gleichung:

$$2\,C_6H_6O + C_7H_8O + 3\,O = 3\,H_2O + C_{19}H_{14}O_3$$

oder ob eine andere rothe Verbindung entsteht, hat für die Praxis keinen Einfluß. Jedenfalls kann man hoffen, durch vorgängige Oxydation diejenigen Körper sofort zu bilden, welche sonst allmählich das Phenol oder Naphtalin röthen würden und sie als nicht flüchtige durch Destillation zurückzuhalten, so daß jetzt Produkte übergehen, denen die Fähigkeit sich zu röthen abgeht.

Von diesem Gedanken ausgehend, setzte Lunge bei der, sonst wie gewöhnlich durch starke Säure und Alkalien ausgeführten Reinigung des Naphtalins ein Oxydationsmittel zu und fand, daß man dann durch ganz einfache Operationen zum Ziele kommt. Das Roh-Naphtalin wird meist aus den Oelen gewonnen, welche nach der Behandlung des „Mittelöls" mit Natronlauge (zur Gewinnung von Phenol) zurückbleiben, und es scheint daher angezeigt, gleich mit der Einwirkung von Säure zu beginnen; hätte man dagegen direct aus den Theerölen auskrystallisirtes Naphtalin vor sich, so wäre eine vorgängige Behandlung mit Alkalien am Platze. Man schmilzt das Rohnaphtalin und setzt eine gewisse Menge Schwefelsäure zu, wobei nicht einmal nothwendigerweise die stärkste, sondern auch 60grädige Säure anzuwenden ist.

Im Großen wird dazu jedenfalls 5—10 Proc. 66grädige Säure vom Gewichte des Naphtalins ausreichen; von 60grädiger Säure wird natürlich etwas mehr gebraucht. Wenn das flüssige Naphtalin und die Säure gut miteinander verrührt sind, setzt man allmählich 5 Proc. vom Gewichte des Naphtalins fein geriebenen Braunstein oder noch besser regenerirtes Mangandioxyd (getrockneten Weldon-Schlamm) zu und erhitzt auf dem Wasserbade, bis keine weitere Einwirkung mehr eintritt, was im Ganzen 15—20 Minuten dauert. Man läßt nun erkalten, schmilzt den Naphtalinkuchen mehrmals mit Wasser, zuletzt unter Zusatz von etwas Natronlauge und wieder mit reinem Wasser. Im Großen braucht man nicht das Erstarren des Naphtalins abzuwarten, sondern kann die Säuren und Waschwässer immer durch Ablassen mit Hähnen

von dem flüssigen Naphtalin trennen. Eine wiederholte Behandlung mit Säure oder eine solche mit starker Natronlauge erwies sich als völlig unnöthig. Daß man statt Braunstein andere Oxydationsmittel wird anwenden können, ist ganz selbstredend; weitere Versuche hierüber erschienen unnöthig, da ein billigeres Reagens kaum aufgefunden werden wird; selbst ein Luftstrom dürfte nicht billiger, dabei aber weniger wirksam sein und würde jedenfalls viel Naphtalin mit fortführen. Der schließlich gewonnene Kuchen wird nun destillirt, wobei weitaus die Hauptmasse ganz constant innerhalb 1—2 Temperaturgraden übergeht und als Rein-Naphtalin aufgefangen wird. Im Kleinen nimmt man dafür einen Kolben mit hohem Hals oder Fractionirungsaufsatz; im Großen jedenfalls am besten einen Dephlegmirungsaufsatz auf der Retorte. Das nach obigem einfachen und billigen Verfahren gewonnene Naphtalin hat sich seit 8—9 Monaten völlig weiß erhalten, während das daneben in demselben Schrank aufbewahrte „chemisch reine" Naphtalin einer der renommirtesten deutschen Fabriken schon längst Rosafarbe angenommen hat.

Verwendung des Naphtalins zu Beleuchtungszwecken. — Seit 2 Jahren hat ein Apparat, die sogenannte Albocarbonlampe [1]) rasch ansehnliche Verbreitung gefunden, mittelst dessen die Leuchtkraft des gewöhnlichen Leuchtgases sehr bedeutend gesteigert wird. Die Wirkung desselben beruht auf der Anwendung des Naphtalins. Die Lampe selbst besteht aus einer kleinen mit Naphtalin gefüllten Hohlkugel, welche durch die auf einen Kupferstreifen wirkende Gasflamme selbst derart erwärmt wird, daß sich das durch die Hohlkugel strömende Gas in der letztern mit dem verdampfenden Naphtalin vermischt; die Mischung gelangt zum Brenner und verbrennt daselbst mit großer Lichtstärke vollkommen ruhig mit weißer Farbe und geringer Hitze. Der Apparat wird von H. A. D. Vale in Hamburg zu dem Preise von 11—40 M. geliefert. Die Ersparniß, welche die Albocarbonlampe im Vergleich mit gewöhnlichen Leuchtgasbrennern unter Berücksichtigung der Helligkeit gewährt, wird in den uns vorliegen-

1) Deutsche Industriezeitung 1881, S. 45.

den Mittheilungen zu 25 bis 50 Proc., je nach dem Gaspreis, angegeben.

Auf die Anwendung von Naphtalin in Form von Stangen oder festen Stücken zum Leuchtendmachen von Brenngasen erhielten unterm 1. Februar 1878 J. Livesey und J. Kidd in London Reichspatent; dieselben hatten einen Apparat zur Herstellung von Wassergas construirt, das durch Naphtalin leuchtend gemacht werden sollte. Durch ein den Genannten ertheiltes Zusatzpatent vom 8. Juli 1879 wurde die Einrichtung des Naphtalinbehälters verbessert und durch ein zweites Zusatzpatent, welches Vale in Hamburg unter dem 30. October 1879 erhielt, wurden an diesem Behälter noch weitere Verbesserungen eingeführt, welche namentlich das Mitreisen von Naphtalintheilen und eine zu starke Carburirung verhindern sollten.

In der Versammlung des Vereins von Gas-Fachmännern Deutschlands, die im vorigen Jahr in Heidelberg abgehalten wurde, hielt Gas- und Wasserwerk-Director Salzenberg aus Bremen einen Vortrag über die Albocarbonlampe, in dem er u. A. Folgendes mittheilte. Das Licht zeichnet sich besonders durch seine außerordentlich weiße Farbe aus, wodurch es möglich ist, bei dieser Beleuchtung alle Farbennüancen zu unterscheiden, und zwar eben so gut, wenn nicht besser, als bei elektrischem Lichte. Bei den Lampen für Eine Flamme hat lange Zeit der Uebelstand bestanden, daß sie mehr Aufmerksamkeit von Seiten des Consumenten verlangten, als bei der gewöhnlichen Gasbeleuchtung der Fall ist, und als leider die Consumenten meistens geneigt sind, der Sache zu widmen. Wenn man nämlich die Flamme entzündet und derselben keine Aufmerksamkeit schenkt, so tritt nach etwa einer Stunde, vielleicht schon früher, ein Moment ein, wo die Flamme eine rauchende Spitze bekommt. Ist dieser Punkt erreicht und wird das Blech, welches zur Erhitzung des Naphtalingefäßes dient, nicht etwas zur Seite geschoben und die Naphtalinverdampfung gemäßigt, so verstärkt sich dieses Qualmen der Flamme in einer Weise, daß nach einer Stunde die ganze Luft mit Ruß erfüllt ist. Diesem Rußen läßt sich dann kaum mehr Einhalt thun; man ist genöthigt die Flamme auszulöschen und zu warten, bis das Naphtalingefäß so weit ab-

gekühlt ist, daß man wieder von Neuem beginnen kann. Dieser große Uebelstand bei der praktischen Verwendung der Lampe wird vermieden, wenn man einen sehr kleinen Brenner, wie sie für Oelgas benutzt werden, anwendet. Es wird alsdann die Erhitzung des Naphtalingefäßes soweit gemäßigt, daß ohne Gefahr des Rußens das Erhitzungsblech unverändert über der Flamme stehen bleiben kann und selbst nach mehreren Stunden kein Geruch nach Naphtalin bemerkbar ist. Diese kleinen Brenner sind also für die Albocarbonbeleuchtung am vortheilhaftesten. Es unterscheidet sich diese Beleuchtungsart gerade dadurch von allen anderen Neuerungen, welche auf Luftvorwärmung und auf besserer Brennconstruction beruhen. Das Albocarbonlicht ist demnach keine Beleuchtungsart, die mit hellen Centrallichtern concurriren will und kann, sondern im Gegentheil, es ist eine Methode, die mit Vortheil anzuwenden ist, wo man schwache Lichtstärken verlangt. Natürlich schließt das nicht aus, daß man die kleinen Flammen zu einem großen Centrallicht vereinigt, welche einen sehr schönen Effect geben. Die Verwendung kleiner Brenner, bei welchen eine Ueberhitzung des Naphtalingefäßes und ein Rußen der Flammen selbst nach mehrstündigem Brennen nicht eintritt, ist ein wesentlicher Vorzug der neueren Albocarbonapparate gegenüber den früheren.

Bei den Versuchen die Salzenberg mit abgestandenem Gas aus Newcastle-Kohlen von 15 Kerzen Lichtstärke bei 152 Liter Consum anstellte, ergab sich der Verbrauch an Naphthalin pro Cubikmeter Gas zu 83,10 bis 104,43 Gr., die Gasersparniß bei Anwendung der Lampe im Vergleich mit dem bestgeeigneten Argandbrenner bei gleicher Lichtstärke zu 51,8 bis 63,9 Proc. Die Ersparniß an Beleuchtungskosten berechnet sich bei einem Gaspreise von 18 Pf. pro Cubikmeter zu 29,6 bis 42,9 Proc., bei einem Gaspreise von 20 Pf. pro Cubikmeter zu 31,8 bis 45,0 Proc. Als Preis des rectificirten Naphthalins ist dabei der angenommen, zu welchem dasselbe von D. & S. Vale geliefert wird, 1 Mk. pro Kilogr.

In derselben Versammlung erwähnte Gasdirektor Troschel aus Breslau, daß in Breslau, wo sich die Albocarbonlampen bereits verhältnißmäßig stark verbreitet haben, mehrfach Explosionen derselben vorgekommen seien, doch wurde dies

von D. & S. Vale darauf dahin berichtigt, daß eine Explosion eines Albocarbonapparates weder in Breslau noch sonst irgendwo in Deutschland stattgefunden habe und überhaupt außer aller Wahrscheinlichkeit liege. „Eine Explosion bedingt eine plötzliche Zunahme des Druckes; da aber die Apparate in Verbindung mit der Gasleitung stehen, so würde eine Druckvermehrung in diese zurückwirken und den fernern Zufluß des Gases hemmen, so daß die Flammen verlöschen müßten. Naphtalin an und für sich ist in keiner Weise explosiv, ebenso wenig wie Paraffin u. dgl. Wenn dagegen in Breslau Unfälle anderer Art vorgekommen sind, so werden sich alle mehr oder weniger auf folgende Ursachen zurückführen lassen: Die zuerst angefertigten Apparate waren an einigen Stellen mit Zinn gelöthet und es ist entweder in Folge mangelhafter Anfertigung oder in Folge sorgloser Befestigung durch eine Undichtheit unter dem Behälter Gas entwichen, welches sich entzündete und die Zinnlöthung zum Schmelzen brachte; aus der dadurch entstandenen größern Oeffnung ist dann das flüssige Naphtalin mit dem Gase ausgeströmt und dieses Gemisch hat sich entzündet und Schaden angerichtet. Seit längerer Zeit werden alle Albocarbonapparate nur hart gelöthet, bei namhafter Conventionalstrafe für jeden einzelnen Beweis des Gegentheils; außerdem findet eine genaue Controle jedes einzelnen Apparates statt, sodaß solche Fälle, wie oben erwähnt, überhaupt nicht mehr vorkommen können.“ In der Berliner Polytechn. Gesellschaft erwähnte S. Elster, Fabrikant von Gasbeleuchtungsartikeln, daß das Licht der Albocarbonlampen ein ausnehmend weißes sei und, wie Prof. Vogel auch mittelst des Spectroscops nachgewiesen, in seiner Zusammensetzung dem Sonnenlichte ähnlicher sei, als das Licht gewöhnlicher Gasflammen oder Petroleumlampen. Zwei Umstände seien allerdings bei der Anwendung des Naphtalins zu beachten. Einmal muß man den Apparat täglich neu füllen, wenn man ihn ununterbrochen benutzen will und dann muß man ihn auch während seiner Thätigkeit einigermaßen überwachen. Stellt man ihn nämlich gleich nach dem Anzünden auf das Maximum seiner Helligkeit ein, so wird die Erwärmung des Naphtalins bald zu groß und die Flammen fangen an zu blaken und unangenehm zu riechen, ganz ähnlich so, wie dies auch bei

Petroleumlampen geschieht, wenn man sie zu Anfang ihres Brennens zu hell einstellt.

Die aus dem Naphtalin dargestellten Farbstoffe waren auf der allgemeinen deutschen Patent- und Musterschutz-Ausstellung zu Frankfurt a. M. von der Firma „Farbwerke vorm. Meister, Lucius und Brüning" in Höchst in sehr gelungener Weise ausgestellt. Ueber die Verwendung der Fabrikate dieses Etablissements, so wie über die Bereitungsweise hat das Polyt. Notizblatt[1]) ausführlichere Mittheilungen gebracht, denen wir folgendes entnehmen.

Die Höchster Naphtalinfarbstoffe sind durch das Reichspatent vom 24. April 1878 und das Zusatzpatent vom 3. Dec. desselben Jahres geschützt. Die Darstellung derselben ist einer der wichtigeren Fortschritte, welche in der Farbenindustrie in der letzten Zeit gemacht wurden, und sollte hauptsächlich einen Ersatz für Cochenille liefern. Die Fabrikation der Naphtalinfarbstoffe erscheint um so bedeutungsvoller, als es durch sie gelang, das Naphtalin, welches bisher nur von geringer Bedeutung für die Farbenfabrikation gewesen war, nutzbar zu machen und zu verwerthen. Der Verbrauch der Cochenille ist in der kurzen Zeit des Bestehens dieser Fabrikation schon wesentlich beschränkt worden und in stetem Abnehmen begriffen.

Die Scharlachfarbe, früher eine der theuersten, ist heute eine der billigsten; die mit dem vom Naphtalin abgeleiteten Kunstprodukt hergestellten Farben sind ebenso schön und ebenso lichtächt als die mit der Cochenille erhaltenen, und nur einem Vorzuge hat die letztere es zu verdanken, daß sie überhaupt heute noch benutzt wird, nämlich dem der größern Walkächtheit. Die Naphtalinponceaus besitzen einen hohen Grad von Löslichkeit und lassen sich außerdem bei ihrer großen Verwandtschaft zur Faser schon durch Anwendung von Säuren allein auffärben. Sie bilden keine schwerlöslichen Verbindungen mit Beizkörpern, z. B. Zinnsalz und Alaun, wie dies bei der Cochenille der Fall ist, woher es kommt, daß diese bei dem langdauernden Walkprocesse einen größern Widerstand zu leisten vermag, als die neuen Farbstoffe. Dagegen besitzen diese den bedeutenden Vortheil, daß sie bei noch so häufigem Waschen,

1) Vergl. Deutsche Industriezeitung 1881, S. 390.

welches sie vorzüglich ohne Farbverlust vertragen, nicht im Geringsten an Schönheit verlieren, vielmehr dieselbe feurig scharlachrothe Nuance behalten, während Cochenillescharlach bekanntlich nach dem ersten Waschen bedeutend verliert und nach und nach ganz blau und braunroth wird. Ebenso lassen sich die Naphtalinfarben weit besser zum Färben der Baumwolle verwenden als Cochenille, welche nur mittelst eines sehr umständlichen Processes auf dieser Faser zu befestigen war und dann nur helle, nicht besonders schöne Farben gab. Einige der neuen Farbstoffgruppen sind berufen, die Orseille zu ersetzen, namentlich das sogenannte Bordeauxroth, welches gleich schöne Farben wie jene liefert, sie aber an Aechtheit bedeutend übertrifft. Andere sind orange-gelbe Farben und werden statt Flavin und Orleans gebraucht, welchen sie ebenfalls an Aechtheit weit überlegen sind. Außerdem haben die Naphtalinfarben bereits Verwendung zur Herstellung von Lackfarben, zum Färben von Leder und Papier gefunden.

Die Bereitung der Farben geschieht wie folgt: das Naphtalin wird zuerst durch Hydroxylirung in Naphtol übergeführt, nachdem man es mit Schwefelsäure in die Sulfosäure verwandelt hat. Bei diesem Processe entstehen zwei Isomere, die a und b Naphtalinsulfosäure, deren Natronsalze durch Krystallisation getrennt werden. Beim Schmelzen derselben mit kaustischem Natron, wodurch der Schwefelsäurerest weggenommen und durch die Hydroxylgruppe ersetzt wird, erhält man die den beiden Sulfosäuren entsprechenden Naphtole, das a und b Naphtol. Das letztere ist für die in Rede stehenden Zwecke das wichtigste. Um es zur Herstellung löslicher Farben benutzen zu können, muß es wieder in Sulfosäure verwandelt werden, wobei wieder zwei Isomere entstehen, deren Trennung durch fractionirte Krystallisation ihrer Natronsalze aus wässeriger Lösung indessen nicht gelingt. Wohl aber läßt sich die Trennung durch ihr verschiedenes Verhalten in Bezug auf ihre Löslichkeit in Alkohol bewerkstelligen. Man verfährt dabei derart, daß man das Salzgemenge mit 3 bis 4 Th. Weingeist von 80 bis 90° Tralles digerirt, dann filtrirt und das schwer lösliche Salz, welches mit Salz R bezeichnet wird, trocknet, während das in Lösung bleibende Salz G unter Wiedergewinnung des Alkohols durch Eindampfen gewonnen

wird. Das Salz R dient zur Herstellung der rothen, das Salz G zur Gewinnung der gelben Farben.

Die Bildung dieser Farben erfolgt durch sog. Kuppelung der beschriebenen Sulfosäure des b Naphtols mit den Diazoverbindungen des Benzols und seiner Homologen, der Phenole der Benzolreihe und deren durch Einführung von Methyl und Aethyl entstehenden Aether, sowie auch mit den Diazoverbindungen der Naphtole und deren Methyl- oder Aethyläther in schwach alkalischer Lösung. Diese Diazokörper bilden sich, wenn man die Amidoderivate der oben angeführten Körper der Einwirkung von salpetriger Säure unterwirft, wodurch die Amidogruppe durch die Diazogruppe ersetzt wird. Technisch führt man diese Operation so aus, daß man die Lösungen der salzsauren Verbindungen der Amidokörper mit der Lösung eines Moleküls salpetrigsauren Natrons und der zur Freimachung der salpetrigen Säure nöthigen Salzsäure unter Abkühlung der Flüssigkeit auf einige Grade unter 0 allmälig zusammenbringt. Die starke Abkühlung ist von besonderer Wichtigkeit, da im andern Falle sehr leicht Zersetzungsproducte auftreten. Es müssen deshalb in der Fabrik bedeutende Mengen Eis zur Disposition stehen, zu dessen Erzeugung in dem Höchster Etablissement stets mehrere große Eismaschinen von 750 Kilogramm Production pro Stunde sich in Thätigkeit befinden. Die fertige Lösung des Diazoamidochlorids wird in eine, mit Ammoniak versetzte Lösung des R oder G Salzes gegossen, wobei sich sofort der Farbstoff in prächtig rothen Flocken abscheidet. Die abgepreßten und auf verschiedene Weise gereinigten Farbstoffe kommen als rothe Pulver in den Handel. Ihr Preis ist bereits ein ziemlich niedriger und beträgt bei den gangbarsten Marken durchschnittlich 7 bis 8 Mark pro Kilogr.

Indigo.

Wir haben bereits im vorigen Jahrgange dieses Jahrbuches (Bd. 16 S. 362 u. f.) der Baeyer'schen Patente Erwähnung gethan, welche die Darstellung von Derivaten der Ortho-Nitrozimmtsäure und den Homologen und Substitutionsproducten dieser Derivate, sowie die Umwandlung derselben in Indigblau und verwandte Farbstoffe zum Gegen-

stand haben; auch haben wir daselbst bereits ein Referat über die Untersuchungen gegeben, welche über die Glieder der Indiggruppe nach und nach Aufschluß geliefert haben und als Vorläufer beziehentlich als die Basis der neuesten wichtigen Entdeckungen auf diesem Gebiete anzusehen sind. Zur Ergänzung unseres vorjährigen Referates mögen die folgenden Mittheilungen dienen, welche wir theils den mittlerweile ausgegebenen Patentschriften [1]) zu den Bayer'schen Patenten, theils einem von Professor Dr. Liebermann [2]) im Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes zu Berlin gehaltenem Vortrage entnehmen.

Den Ausgangspunkt für das neue Verfahren der Synthese des Indigo bildet wie bekannt die Zimmtsäure. Wir haben die Darstellung der letzteren aus Benzaldehyd (Bittermandelöl) durch Behandlung desselben mit Essigsäureanhydrit und trockenem Natriumacetat (Bd. 16 S. 373) besprochen. Aber bereits hat Caro in dem noch so neuem Stadium der Fabrication des Indigo an diesem Punkte eine wesentliche Verbesserung des Verfahrens durch Vermeidung der Verwendung des kostspieligen Essigsäureanhydrits eingeführt. Nach diesem der Badischen Anilin- und Sodafabrik patentirten Verfahren wird Zimmtsäure direct durch Erhitzen von Benzalchlorid [3]) mit essigsaurem Natron nach der Gleichung dargestellt:

$$\underset{\text{Benzalchlorid}}{C_6H_5 . CHCl_2} + C_2H_3O_2Na = \underset{\text{Zimmtsäure.}}{C_9H_8O_2} + NaCl + HCl$$

Die Bildung der Zimmtsäure erfolgt, indem die beiden Chloratome des Benzalchlorids mit Wasserstoffatomen der Essigsäure als Salzsäure austreten

$$CH_{65} . CH[Cl_2 + H_2]CH . CO_2H,$$

daher sich die Formel der Zimmtsäure wie folgt gestaltet

$$C_6H_5 . CH : CH \cdot CO_2H.$$

1) Patentschrift Nr. 11857, Nr. 11858 u. Nr. 12601.

2) Verhandl. des Vereins zur Beförd. des Gewerbfl. Sitzungsberichte 1881, S. 177.

3) Durch Einleiten von Chlor in siedendes Toluol zu erhalten.

Da die fabrikmäßige Darstellung der Zimmtsäure sonach jetzt nur Toluol, Chlor, Soda und Essigsäure erfordert, dürfte dieselbe bald zu geringen Preisen geliefert werden und noch manche neue und nützliche technische Verwendung finden.

Die Zimmtsäure liefert bei der Behandlung mit Salpetersäure:

$$\text{Nitrozimmtsäure } C_6H_4<\begin{matrix}NO_2\\CH:CH.CO_2H\end{matrix}$$

Bei letzterem Proceß bilden sich immer gleichzeitig zwei isomere Nitrozimmtsäuren (Ortho- und Paranitrozimmtsäure) deren Verschiedenheit auf der verschiedenen gegenseitigen Stellung der N haltigen und der C haltigen Seitengruppe des Benzols beruht. Nur die Orthonitrozimmtsäure, in welche bei gut geleiteter Operation 60 Procent der angewendeten Zimmtsänre übergeführt werden, ist für die Synthese des Indigos benutzbar. Die Methode der Trennung der beiden Nitrozimmtsäuren ist Bd. 16, S. 373 besprochen worden.

Die Orthonitrozimmtsäure führt Baeyer in Orthonitrozimmtsäuredibromid über, indem er sie im trockenen Zustande so lange der Einwirkung von gasförmigem oder flüssigem Brom aussetzt, bis keine fernere Bromaufnahme mehr stattfindet. Der Vorgang wird durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$\underset{\text{Orthonitrozimmtsäure}}{C_6H_4<\begin{matrix}NO_2\\CH:CH.CO_2H\end{matrix}} + 2\,Br$$

$$= \underset{\text{Orthonitrozimmtsäuredibromid.}}{C_6H_4<\begin{matrix}NO_2\\CHBr.CHBr.CO_2H\end{matrix}}$$

Das so erhaltene Product wird durch Umkrystallisiren aus Benzol gereinigt. Behufs seiner Ueberführung in Orthonitrophenylpropiolsäure wird das Nitrozimmtsäuredibromid in Alkohol gelöst und die Lösung so lange unter Zusatz von alkoholischer Kalilösung erwärmt, als noch Abscheidung von Bromkalium stattfindet. Die Lösung wird hierauf mit Wasser verdünnt und die gebildete Orthonitrophenylpropiolsäure nach

dem Abdestilliren des Alkohols mit Salzsäure ausgefällt. Der hierbei stattfindende Vorgang beruht auf einer Abspaltung von zwei Molecülen Bromwasserstoff nach folgender Gleichung:

$$C_6H_4<^{NO_2}_{CHBr\,.\,CHBr\,.\,CO_2H} + 3\,KOH$$

Orthonitrozimmtsäuredibromid

$$= C_6H_4<^{NO_2}_{C\,!\,C\,\cdot\,CO_2K} + 2\,KBr + H_2O$$

Orthonitrophenylpropiolsaures Kali.

Die Orthonitrophenylpropiolsäure verwandelt sich beim Erwärmen mit Kalilauge sofort weiter in Isatin nach folgender Gleichung:

$$C_6H_4<^{NO_2}_{C\,!\,C\,\cdot\,CO_2H} = CO_2 + C_6H_4<^{NH}_{CO}>CO$$

Orthonitropropiolsäure Isatin.

Man ersieht, daß hier neben der Abspaltung von Kohlensäure auch eine Umlagerung der Sauerstoffatome stattfinden muß. Ueber diesen complicirt erscheinenden Vorgang wird hoffentlich weitere Aufklärung noch gewonnen werden. Bringt man bei der Behandlung der Orthonitrophenylpropiolsäure mit Kalilauge auch ein Reductionsmittel, wie Eisenvitriol, Trauben- oder Milchzucker, Schwefelkalium, xanthogensaure Salze oder dergl. in Anwendung, so entsteht an Stelle des Isatins sofort dessen Reductionsproduct, das Indigblau. Diese Reaction benutzt Baeyer zur technischen Gewinnung des Indigs.

Auch kann man nach Baeyer die Orthonitrozimmtsäure in Orthonitrophenylchlormilchsäure, diese in Orthpnitrophenyloxacrylsäure und letztere in Indigblau unter Einhaltung des folgenden Verfahrens überführen:

Die Orthonitrozimmtsäure wird in kohlensaurem Natron gelöst und die Lösung in der Kälte allmälig mit Chlorgas gesättigt, bis dasselbe in bleibendem Ueberschuß auftritt. Die hierbei sich bildende Orthonitrophenylchlormilchsäure wird nach dem Ansäuren der alkalischen Lösung mit Aether extrahirt und durch Abdestilliren des Lösungsmittels in fester Form abge-

schieden. Der Vorgang beruht auf der Addition von unterchloriger Säure im Entstehungszustande an die Orthonitrozimmtsäure.

$$C_6H_4 < \genfrac{}{}{0pt}{}{NO_2}{(C_2H)CO_2H} + ClOH = C_6H_4 < \genfrac{}{}{0pt}{}{NO_2}{(C_2H_3ClO)CO_2H}$$

Orthonitrozimmtsäure Orthonitrophenylchlormilchsäure.

Wird nun die Orthonitrophenylchlormilchsäure in Alkohol gelöst und mit der berechneten Menge von alkoholischem Kali so lange erwärmt, als noch Abscheidung von Chlorkalium erfolgt, so bildet sich Orthonitrophenyloxacrylsäure unter Abspaltung von Chlorwasserstoff nach folgender Gleichung:

$$C_6H_4 < \genfrac{}{}{0pt}{}{NO_2}{(C_2H_3ClO)CO_2H} + 2\,KOH$$

Orthonitrophenylsäure

$$= C_6H_4 < \genfrac{}{}{0pt}{}{NO_2}{(C_2H_2O)CO_2K} + KCl + H_2O$$

Orthonitrophenyloxacrylsaures Kali.

Wird nun die aus der alkalischen Lösung abgeschiedene Orthonitrophenyloxacrylsäure trocken oder bei Gegenwart eines Lösungsmittels, wie Eisessig oder Phenol, langsam auf 100° erhitzt, so scheidet sich unter Gasentwicklung Indigoblau im krystallinischen Zustande ab und kann dasselbe durch Behandeln mit den gewöhnlichen Lösungsmitteln gereinigt werden.

Auch mit concentrirter Schwefelsäure und Eisenvitriol geben die Nitrozimmtsäurederivate einen dem Indigo ähnlichen Farbstoff. Aus den Homologen und Substitutionsprodukten der Nitrozimmtsäure erhält man unter denselben Bedingungen homologe und substituirte Indigos, und die Hoffnung liegt daher nahe, die bisher nur auf Blau beschränkte Farbe des Indigos zu einer Farbenscala von Indigoarten erweitert zu sehen, wie dies bei den Anilin- und Alizarinfarben bereits in ausgedehntem Maße erreicht ist. In der That hat Baeyer bereits auf anderem Wege einen rothen Nitroindigo erhalten.

Die technische Ausbeute an Indigo mag von der Zimmtsäure gegenwärtig etwa 20 Proc. betragen, während die Theorie etwa das Vierfache dieser Menge in Aussicht stellt.

Es bleibt nun noch die Frage zu erörtern, ob der künstliche Indigo wohl mit dem natürlichen in jeder Hinsicht concurrenzfähig werden wird. Soweit es sich hierbei um das Färbevermögen des künstlichen Indigo handelt, muß, seitdem die Identität des Kunstproducts mit dem Naturproduct feststeht, die Frage unbedingt bejaht werden; der künstliche Farbstoff besitzt sogar vor dem natürlichen darin einen Vorzug, daß er sofort rein und in der für die Färberei geeignetsten feinen Vertheilung erhalten wird, während die käuflichen Sorten natürlichen Indigos im Gehalt innerhalb sehr weiter Grenzen (20—80 Proc.) Indigblau) schwanken, und damit namentlich dem Einkäufer große Schwierigkeiten bereiten. Soweit die angeregte Frage aber die Preisconcurrenz beider Producte betrifft, so wäre ihre Beantwortung gegenwärtig voreilig, da einerseits die augenblicklichen Productionskosten des künstlichen Indigos für eine erst einmal eingeschulte Indigotechnik nicht mehr maßgebend bleiben, andererseits für ein abschließendes Urtheil auch die Größe des Preisrückgangs bekannt sein müßte, welchen nach ausgebrochenem Concurrenzstreit der natürliche Indigo vor seiner Verdrängung verträgt. Den möglichen Preisrückgang darf man nach analogen Vorgängen beim Alizarin und der Cochenille wohl auf mindestens $1/2$ bis $1/3$ des gegenwärtigen Preises schätzen.

Eine der wesentlichsten Schwierigkeiten auf welche man bei der künstlichen Darstellung des Indigblaus stößt, liegt in dem Umstande, daß man bei der Bereitung der Orthonitrozimmtsäure der Bildung der Isomerien derselben, welche für die Synthese des Indigblaus werthlos sind, nicht verhüten kann. Sollte es gelingen, die gleichzeitige Entstehung dieser Isomeren zu verhindern oder wenigstens die Menge der entstehendem Nebenproducte auf einen geringen Procentsatz herabzudrücken, so würde ein wesentlicher Schritt gethan sein, den künstlichen Indigo dem natürlichen concurrenzfähig zu machen.

Bleibt somit die Concurrenzfähigkeit auf dem Hauptgebiet des Indigohandels vorläufig, vielleicht für Jahre, noch eine offene Frage, so zeigt nach einer Richtung der künstliche Indigo schon jetzt einen Vortheil vor dem natürlichen, der ihm einen Vorzug vor diesem selbst bei etwas höherem Preise sichert. Durch Anwendung künstlichen Indigos kann man näm-

lich die Schwierigkeiten umgehen, welche im Kattundruck dem Drucken mit Indigo daraus erwachsen, daß man eine verdickte Indigoküpe anzuwenden genöthigt ist, welche theils die feinere Gravirung der Muster schlecht wiedergiebt, theils ein Ausfallen und daher einen Verlust von Indigo vor seiner Befestigung auf der Faser bedingt [1]). Bei dem künstlichen Indigo vermeidet man die Indigoküpe, indem man sich gar nicht des fertigen Indigos bedient, sondern diesen erst auf der Faser aus der wässerigen, geeignet verdickten Lösung von Nitrophenylpropiolsäure und Reductionsmitteln erzeugt. Eine Verstopfung der Gravirung ist bei diesem Verfahren ausgeschlossen. Da hierbei die indigbildende Lösung die Faser durchtränkt und die Indigobildung genügend langsam hervorgerufen werden kann, so umschließt auch der entstandene Indigo die Faser viel fester und ächter als der mittelst der Küpe aufgedruckte. Ein besonderer Vortheil des neuen Verfahrens liegt wohl noch darin, daß, da die Lösung des Indigobildners jetzt beliebig concentrirt aufgedruckt werden kann, man mit künstlichem Indigo Farbentöne von solcher Tiefe wird herstellen können, wie dies bisher mittelst des gewöhnlichen Indigodrucks nicht möglich war.

Dieses allerdings beschränkte Gebiet scheint sich der künstliche Indigo schon jetzt erobern zu wollen. Hoffen wir, daß es der bewährten Geschicklichkeit unserer wissenschaftlichen und technischen Chemiker gelingen werde, den Proceß der Indigobildung soweit zu verbessern und zu vereinfachen, daß der deutsche künstliche Indigo ein gesuchter Welthandelsartikel werde.

Ueber die Anwendung des künstlichen Indigos in der Druckerei. — Die Lösung der Aufgabe, die künstlich dargestellten Glieder der Indiggruppe in der Technik verwendbar zu machen ist durch eine neue, der Badischen Anilin- und Sodafabrik [2]) patentirte Methode, die Nitrophe-

1) Am stärksten treten diese Fehler bei den älteren Arten des Küpendrucks, weniger bei der Hydrosulfitküpe von Schützenberger auf, die sich indessen durchaus nicht in allgemeiner Anwendung befindet.

2) Chemikerzeitung 1881, Bd. 5, S. 641.

nylpropiolsäure zu reduciren, wesentlich gefördert worden. Diese Methode beruht auf der Anwendung des xanthogensauren Natrons $CS<^{OC_2H_5}_{SNa}$ in alkalischer Läsung. Ueberläßt man ein Gemisch von Orthonitrophenylpropiolsäure und xanthogensaurem Natron in alkalischer Lösung während einiger Zeit sich selbst, so tritt schon in der Kälte Reduction der Säure und Indigobildung ein. Bedruckt man mit einem deratigen, zuvor verdickten Gemische ein Gewebe und läßt dasselbe einen Tag oder zwei Tage bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft hängen, so entwickelt sich der Farbstoff auf der Faser selbst. Man wäscht alsdann kalt auf der Waschmaschine und zieht die Stücke nachher während einer halben Stunde in kochendem Wasser, oder besser in einer 1 procent. Lösung von krystallisirter Soda um. Diese Behandlung bezweckt, einen unangenehmen, von Zersetzungsproducten des Xanthogenates herrührenden Geruch zu entfernen. Nachher zieht man durch ein schwaches, lauwarmes Seifenbad. Kochende Seife schadet der Schönheit der Farbe.

Die vor dem xanthogensaurem Kali zur Verwendung gekommenen Reductionsmittel hatten den Nachtheil, daß man zur Entwickelung des Farbstoffs Wärme gebrauchte. Es war aber unausführbar, die richtige Grenze hinsichtlich der Zeitdauer der Einwirkung und der Höhe der Temperatur zu finden, da bei dem geringsten Ueberschreiten derselben die Farbe litt und sogar zerstört werden konnte.

Die Verhältnisse von Nitrophenylpropiolsäure und xanthogensaurem Salze können in ziemlich weiten Grenzen schwanken; als Alkali wird im Allgemeinen Borax angewendet. Folgende Recepte haben sich als praktisch bewährt:

Stärkekleister von 150 Gr. Stärke pro 1 Lit.	1 Kgr.
Nitrophenylpropiolsäure, 25 proc. Paste . .	400 Gr.
Borax fein gepulvert.	50 „

Man vermischt zuerst die Nitrophenylpropiolsänre mit dem Borax, trägt das Gemisch sodann in den Kleister ein, erwärmt gelinde und läßt unter Umrühren erkalten. Vor dem Drucken fügt man alsdann hinzu:

Xanthogensaures Natron.	150 Gr.

Ein anderes Recept giebt an:

Stärkekleister	1 Kgr.
Nitrophenylpropiolsäure 25 proc.	560 Gr.
Borax	148 „
Xanthogensaures Natron	210 „

Mit diesen Verhältnissen erhält man ganz dunkle Töne. Wünscht man hellere Nummern, so coupirt man die ursprüngliche Farbe mit Stärkekleister, dem auf das Liter 100 Gr. Xanthat zugesetzt sind. Die Farbe muß sofort nach der Darstellung aufgedruckt werden, denn sie zersetzt sich von selbst bei gewöhnlicher Temperatur schon nach einigen Stunden. Etwas haltbarer wird sie, wenn man statt des xanthogensauren Natrons eine entsprechende Menge Zinksalz (durch doppelte Zersetzung des Natronsalzes mit Zinksulfat erhalten) verwendet. Man imprägnirt in diesem Falle das Gewebe vor dem Drucken mit einer Lösung von kohlensaurem Kali (200 Gr. im Liter). Nach dem Drucken wird kalt gewaschen, durch ein Säurebad (H_2OS_4 von 2 ⁰ B) passirt, wieder gewaschen und geseift. Das beste Verdickungsmittel der Phenylpropiolsäure ist Stärkekleister; Traganthschleim, Gummi oder gebrannte Stärke geben weniger gute Resultate. Statt der Farbe das Xanthat zuzusetzen, kann man auch das Gewebe vorher mit einer 10—20proc. Lösung dieses Salzes imprägniren und nachher das verdickte Gemisch von Phenylpropiolsäure und Borax aufdrucken. Die Farbe entwickelt sich beim Hängen, wie im vorhergehenden Falle.

Das Dämpfen erträgt unglücklicher Weise der künstliche Indigo nicht. Versucht man die Farbe statt durch Hängen durch Dämpfen zu entwickeln, so erhält man viel weniger dunkle und dabei fahle und unschöne Nuancen. Es ist dies ein sehr großer Nachtheil, denn seit etwa 10 Jahren haben sich die Dampffarben immer mehr und mehr eingebürgert und es wäre von größter Wichtigkeit, den Indigo gleichzeitig mit Alizarinroth, den Farbholz-Extracten, Coeruleïn u. s. w. aufdrucken zu können. Es ist jedoch die Hoffnung nicht ausgeschlossen ein Verfahren zu finden, die Farbe in der Dämpfe zu entwickeln.

Unter den jetzigen Verhältnissen kann man die Phenylpropiolsaure gleichzeitig aufdrucken mit Farben, die zur Entwicke-

lung des Dämpfens nicht bedürfen, wie z. B. Anilinschwarz oder Catechu. Man kann auch gleichzeitig die Alizarinbeizen aufdrucken und nach Entwickelung des Indigo und Fixirung der Beizen in Alizarin ausfärben. Dieses letztere Verfahren ist aber etwas umständlich, und man wird im Allgemeinen vorziehen, in solchen Fällen neben Alizarinroth, statt des Indigo, Anilinblau aufzudrucken, obgleich dasselbe weniger echt ist.

Wie es scheint findet die Propiolsäure in England schon eine sehr ausgedehnte Verwendung. In Mülhausen wird sie bis jetzt nur in einer großen Fabrik in bedeutendem Maße verwendet; es ist aber anzunehmen, daß es sich auch in den anderen in mehr oder minder großem Maßstabe einbürgen wird. Was den künstlichen Indigo selbst anbetrifft, so scheint bis jetzt auf eine technische Darstellung desselben keine Aussicht zu sein. Der Preis der 25 procent. Nitrophenylpropiolsäure beträgt augenblicklich 12 Mark etwa.

Papier.

Auf dem Gebiete der Papierfabrikation sind sehr beachtenswerthe Fortschritte zu verzeichnen. Als ein neuer Apparat, der voraussichtlich in Kurzem eine sehr ausgedehnte Verbreitung finden wird, ist zu nennen:

Der Papierstofffänger von E. Schuricht in Beiermühle bei Siebenlehn (D. R. P. Nr. 5427). Dieser Apparat hat den Zweck, die Fasern, welche theils von den Holländern theils von den Papiermaschinen trotz den an diesen angebrachten bekannten Stofffängern entschlüpfen, aufzufangen und nutzbar zu machen. Die Menge des durch den Schuricht'schen Fangapparat zu gewinnenden, bisher mit den Abfallwässern preisgegebenen Faserstoffs beträgt nicht weniger als 4 bis 7 Proc. des producirten Papiers. Derselbe ist zur Erzeugung ordinärer Papiere und Pappen sehr wohl verwendbar und macht daher in kurzer Frist das zur Aufstellung des Apparates erforderliche Anlagekapital bezahlt. Ueberdieß gewährt der Apparat noch den weiteren Vortheil, daß er die aus den Papierfabriken hervorgehenden Abwässer von einem großen Theile der sie verunreinigenden, der Fäulniß unterliegenden organischen Substanzen befreit, und dürfte daher der Schuricht'=

sche Stofffänger um so mehr an Bedeutung gewinnen, wenn, wie zu erwarten steht, von Seiten der Behörden strengere Maßregeln zur Verhütung der Verunreinigung der Flußwässer durch die Effluvien der Fabriken ergriffen werden.

Der Apparat, welchem alle aus der Papierfabrik ablaufenden Fabrikationswässer zugeführt werden, ist ein auf Säulen ruhender, von vier Seitenwänden abgeschlossener langer Kanal, aus Holz gefertigt, und stellt sich in seinen Haupttheilen folgendermaßen zusammen:

1. Die Zuführungsrinne.

2. Der Sandfang.

3. Der Vorraum, in welchen das vom Sand gereinigte stoffhaltige Wasser sich ergießt. Dieser Vorraum steht unmittelbar mit einem Kasten in Verbindung aus welchem das Wasser durch das obere mit Löchern versehene Brett in den eigentlichen Fangraum ohne Störung tritt.

4. Der eigentliche Absonderungsraum. Der Boden desselben wird durch eine Latteneinlage gebildet, welche mit einem den Abfluß oder das Durchlaufen des Wassers gestattenden Metallsieb bedeckt ist. Dieser Raum ist durch eine Scheidewand in zwei gleich große Theile geschieden, dadurch soll bezweckt werden, daß der Absonderungsproceß keinerlei Unterbrechung zu erleiden braucht. Man leitet nämlich abwechselnd, und zwar nach Bedürfniß der Reinigung, das Abfallwasser bald auf den einen, bald auf den anderen Theil des Fangraumes. Die Reinigung des einen Theiles erfolgt gewöhnlich nach einer Arbeitszeit von 12 Stunden.

5. Das Schlußbrett, welches die Höhe des Wasserstandes auf dem Apparat angiebt, nebst einem Fang des oben abfallenden Wassers, welcher die Bestimmung hat, das Umherspritzen desselben zu vermeiden und ihm eine bestimmte ablaufende Richtung zu geben.

Die Erfindung beruht nun darauf, daß das den verloren gehenden Stoff enthaltende Wasser auf dem unter 4. bezeichneten Raum einen langsamen, geregelten Gang erhält.

Die Pflanzenfasern, deren Poren sich durch Umwandeln in Papierstoff mit Wasser gefüllt haben, denen außerdem verschiedene Zusätze anhaften, erlangen eine größere Schwere als das Wasser und setzen oder lagern sich bei dem langsamen

Fortbewegen des letzteren auf das den Boden des Apparates bildende Metallsieb ab. Dies geschieht natürlich nach und nach, je nachdem die Faser länger oder kürzer, schwerer oder leichter ist. Die Faser findet durch das aufgespannte Metallsieb den gewünschten Anhalt zum Absatz, auch gestattet dieses Sieb, daß aus den abgesetzten Stoffschichten das Wasser abtropfen und absickern kann, so daß sich der Stoff schließlich in ziemlich trockner Weise abräumen (abrollen) läßt. Oele, Fette von geringerem specifischen Gewichte als Wasser, müssen sich auf der Oberfläche desselben ansammeln und mit dem abfließenden Wasser überfallen.

Im Anfang wird zwar das auf den Absonderungsraum gelangende Wasser durch die Maschen des Siebes laufen, doch in kurzer Zeit schon werden die Maschen durch die im Wasser mitgeführten Fasern bedeckt und verstopft. Das Wasser wird nun erst den Raum anfüllen, und zwar nach und nach zu der Höhe des Schlußbrettes, worauf es über dasselbe, von den Fasern gereinigt, abfällt.

Die schweren Theile, vornehmlich den Sand, sondert der am Kopfe des Apparats angebrachte Sandfang ab, dessen Boden eine dem Roste eines Ofens ähnliche Latteneinlage hat. Derselbe ähnelt seiner Form nach den in der Papierfabrikation schon bekannten Sandfängern.

Die Größe des ganzen Stofffängers richtet sich nach der Menge des zufließenden Abfallwassers. Die Dimensionen des Apparates müssen nach der Menge des zufließenden Wassers bemessen werden. Je größer die Breite des Fanges ist, in desto dünnerer Schicht wird sich das Wasser über den Raum verbreiten und dadurch eine bessere Absonderung erzielt werden.

Unter dem Namen Halbcellulose wird nach Götjes und Schulze[1]) in Bautzen (D. R. P. Nr. 12565) ein Fabrikat in folgender Weise hergestellt. Das von der Borke befreite Holz wird in Stücke geschnitten und in einem Kocher unter geringem Zusatz von Kalklauge gekocht. Hierauf werden die Holzstücke auf einer Raspel nach Art der Farbholzraspeln zerkleinert. Die gewonnenen Späne werden wieder

1) Dingler's polyt. Journal 1881, Bd. 240, S. 162.

in einen Kocher gebracht und mit einem Zusatz von kaustischer Soda gekocht. Die durch diese eigenthümliche Behandlung des Holzes gewonnene Halbcellulose wird in Holländern vorgemahlen, auf Raffineuren ausgemahlen und gelangt von letzteren direct auf die Papiermaschine zur Verarbeitung.

Feuerbeständiges Papier. L. Frobeen[1]) in Berlin stellt neuerdings feuerbeständiges Papier her (Reichspatent) und zwar vorzugsweise aus Asbest. Es werden dabei zuerst bis 95 Th. Asbestfasern bester Qualität in einer Lösung von übermangansaurem Kali gewaschen und mit schwefliger Säure behandelt, wodurch dieselben gebleicht werden. Diesen so vorbereiteten Fasern werden 5 Th. geschliffener oder gemahlener Holzstoff, wie er in den Papierfabriken Verwendung findet, zugesetzt; dann wird diese ganze Masse unter Beifügung von Leimwasser und Borax in den Holländer gebracht und nachdem sie diesen, auf das innigste gemischt, verlassen hat, zu Papier weiter verarbeitet; die Verarbeitung geschieht durch Schöpfen oder man stellt Ellenpapier her, wobei sich auch leicht Wasserzeichen darin anbringen lassen. Das so dargestellte Papier hat eine glatte Oberfläche, die durch Satiniren noch geeigneter zum Schreiben gemacht werden kann; es widersteht nach den damit angestellten Versuchen sogar der Weißglühhitze.

Zum Herstellen einer feuerfesten Druckfarbe und einer feuerfesten Schreibtinte benutzt Frobeen eine Mischung von Platinchlorid mit Lavendelöl, welcher für die Farbe, sofern sie schwarz sein soll, Lampenruß und Firniß, für die Schreibtinte chinesische Tusche, Wasser und arabischer Gummi in variablem Verhältniß zugefügt werden. Gute Resultate wurden mit folgender Zusammensetzung einer feuerfesten Farbe erzielt: 10 Th. trocknes Platinchlorid, 25 Th. Lavendelöl, 35 Th. Lampenruß und 30 Th. Firniß. Da das Platinchlorid sehr hygroskopisch ist, so wird es zuerst in dem Porcellangefäß, worin die Farbe bereitet werden soll, schwach erwärmt, um die Feuchtigkeit auszutreiben. Wenn es vollständig trocken ist, wird Lavendelöl zugesetzt und dann die Mischung so lange gerührt, bis die Gasentwickelung aufhört. Zu der so erhaltenen schwarzen,

---

1) Deutsche Industriezeitung 1881, S. 390.

theerartigen oder syrupartigen Masse werden Lampenruß und Firniß in kleinen Portionen zugesetzt. Beim Glühen des mit der Farbe bedruckten Papieres wird das Platin durch den im Lampenruß befindlichen Kohlenstoff reducirt und bleibt als schwarzbrauner Niederschlag zurück. Diese Reduction kann jedoch nur in sehr geringem Maße oder unter Umständen gar nicht stattfinden, wenn das Platin nicht säurefrei zur Verwendung gelangt. Es ist dies jedoch nach der obigen Vorschrift sehr leicht zu vermeiden, und ist darauf die größte Aufmerksamkeit bei Herstellung der Schwärze zu richten.

Eine gut fließende feuerfeste Tusche oder Tinte zum Beschreiben des feuerfesten Papieres, die mittelst einer gewöhnlichen Metallschreibfeder aufgetragen werden kann, läßt sich herstellen aus 5 Th. trocknem Platinchlorid, 15 Th. Lavendelöl, 15 Th. chinesische Tusche, 64 Th. Wasser nnd 1 Th. arabischem Gummi.

Durch das Platinchlorid erhalten die Schriftzüge auch die Eigenschaft beim Glühen des Papiers transparent zu erscheinen, so daß selbst ein von Rauch geschwärzter oder auf andere Weise unleserlich gewordener Abdruck oder eine Handschrift während des Glühens leicht lesbar wird.

Sonach ist es möglich, wichtige Documente u. dgl. in der Weise herzustellen, daß weder das beschriebene oder bedruckte Material noch die Schrift oder der Druck durch Feuer zerstört werden kann.

Eisenbahnräder aus Papier. Die Brüche der Radreifen an Eisenbahnwagen, wie sie in den kalten Wintern der letzten Jahre häufig vorgekommen sind, haben ihre Veranlassung, wie die Ztschr. d. V. D. Eisenbahnverwaltungen [1]) bemerkt, hauptsächlich in dem zu scharfen Aufziehen der Bandage auf ein nur wenig oder gar nicht elastisches Radgestell, sowie in dem Befahren hart gefrorener Strecken mit diesen Rädern: Mit Rücksicht auf diese Thatsache ist seitens verschiedener Fachmänner nach einer Radconstruction gesucht worden, bei welcher ohne zu scharfes Aufziehen der Bandage beim elastischen Rade die Sicherheit desselben eine möglichst große ist. Um ein absolut sicheres Rad zu haben, glaubten die

1) Vergl. Deutsche Industriezeitung 1881, S. 373.

meisten Techniker für das Material der Radkörper selbst nur Metall wählen zu dürfen. Bei Anwendung von Metall ist aber die Erreichung einer zweckentsprechenden Elasticität des Radkörpers schon von vornherein ausgeschlossen. Die günstigen Erfahrungen dagegen, welche in dieser Beziehung im Allgemeinen mit Holzrädern gemacht worden sind, veranlaßten den Gedanken, ein Rad zu construiren, welches die guten Eigenschaften des Holzes besitzt, ohne dessen Schwäche zu theilen. Als Hauptschwäche der Holzräder dürfte zu bezeichnen sein, daß die Holzscheiben aus verschiedenen Theilen zusammengesetzt werden müssen, so daß bei dem Schwinden des Holzes die Räder vielfach lose und defect geworden sind, wozu noch der unangenehme Umstand tritt, daß das Holz für sich bei großer Hitze schwindet, während die Bandage gleichzeitig sich ausdehnt, sowie umgekehrt bei Nässe und Kälte im Winter die Bandage sich zusammenzieht, während das Holz quillt und größere Dimensionen annimmt. Abgesehen aber von dieser unangenehmen Eigenschaft haben sich die Holzräder im Uebrigen gut bewährt und ist ein Springen von Radreifen auf denselben vielleicht nirgends zu constatiren.

Als ein dem Holze in Beziehung auf Elasticität ähnliches Material bietet sich nun ein festgetrockneter und durch hydraulischen Druck comprimirter Papierstoff dar, den man in ganzen Scheiben darstellen kann. Auf Anregung des Obermaschinenmeisters Finkbein in St. Johann-Saarbrücken und des Werkmeisters Caesar der Reichseisenbahn hat die Oelpappe- und Lackwaarenfabrik der Gebrüder Adt zu Forbach nach verschiedenen Versuchen einen solchen Papierstoff hergestellt, welcher ein vollkommenes Material für Eisenbahnwagenräder darbietet. Mit Genehmigung der königlichen Eisenbahndirection in Frankfurt a./M. sind in der Eisenbahnhauptwerkstätte zu Saarbrücken und in der Eisenbahnwagenräderfabrik der Gebrüder van der Zypen in Deutz bereits eine Anzahl completer Radsätze mit Papierscheiben fertig hergestellt und alsdann in Gebrauch genommen worden. Derartige Radsätze mit Scheiben aus Papierstoff befinden sich schon längere Zeit an Wagen in regelmäßigem Dienste; sie halten sich ganz tadellos und zeigen während der Fahrt ein sehr sanftes Laufen, ohne irgend welches lästige Geräusch zu verursachen. In

Amerika hat man bereits seit 10 Jahren ähnliche Räder hergestellt und in den Berichten der deutschen Ingenieure über die Ausstellung zu Philadelphia finden sich günstige Urtheile über dort ausgestellte derartige Fabrikate. Wegen ihres sanften Laufens wurden sie dort seit 1876 ausschließlich zu Salon-, Personen- und Schlafwagen benutzt und von deutschen Werken werden Bandagen für solche Räder in bedeutenden Massen nach Amerika exportirt. Neben der großen Sicherheit gegen Unfälle durch Reifenbruch haben diese Räder weiter noch den sehr großen Vortheil, daß die Bandagen der Abnutzung weniger ausgesetzt sind, als die Bandagen auf hartem Unterrade. Letzteres ist durch einen bereits seit December 1880 laufenden Satz Achsen constatirt worden. Directe Versuche mit Proben von comprimirter Papiermasse haben ergeben, daß dieser Stoff unter großem hydraulischen Druck immer noch eine bedeutende Elasticität zeigt, welche Eigenschaft sehr günstig auf die Erhaltung der Bandagen und des Oberbaues einwirken muß.

Qualitätsnormen für Papiersorten. Dem Prof. Dr. Hartig in Dresden sind in den letzten Jahren von Behörden und anderen Papierconsumenten wiederholt Papierproben verschiedener Art zur Feststellung ihrer Güte, insbesondere ihrer gesammten Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen, übermittelt worden. Andrerseits wurden ihm auch von verschiedenen Fabrikanten, denen es mit Herstellung bester Qualitäten Ernst war, Proben zugestellt, an denen ermessen werden konnte, welche Festigkeits- und Dehnbarkeitswerthe zuverlässig bei gutem Willen und bei sorgfältiger Durchführung des Fabrikationsprocesses für die wichtigeren Papiersorten erreicht werden können. Aus den zahlreichen Ergebnissen mit Proben der letzteren und für eine angenäherte Werthschätzung von Proben der erst bezeichneten Art hat sich der Verfasser eine Tabelle von Qualitätsnormen der hauptsächlichsten Papiersorten angelegt, welche hier [1]) zur Mittheilung gebracht wird.

Die Tabelle enthält: 1. Den zulässigen Maximalwerth des Aschengehaltes der Papiersorten für den Zustand der Luft-

1) Nach Civilingenieur 1881, S. 223, u. Dingler's polyt. Journ. 1881, Bd. 241, S. 105.

trockenheit, wenn die Einfügung mineralischer Füllstoffe — wie zu fordern — unterlassen wird. 2) Den Minimalwerth der Reißlänge in Kilometer, d. h. diejenige geringste Länge eines parallelkantigen, frei hängend gedachten Streifens, bei welcher infolge des Eigengewichtes die Zerreißung eintritt; diese Zahl ergiebt sich aus Bruchbelastung des Probestreifens (P^K) und metrischer Feinheitsnummer desselben (N) nach der Beziehung $R = PN$. 3. Den Minimalwerth der Bruchdehnung in Procent, d. h. die procentale Verlängerung eines parallelkantigen Probestreifens bei Ueberführung von Spannung Null bis zur Bruchspannung (δ Proc.).

4. Den Minimalwerth des Arbeitsmoduls, reducirt auf einen Streifen von der Länge 1 Met. und der metrischen Feinheitsnummer 1 oder (was auf denselben Werth führt) auf das Gewicht von 1 Gr. des luftrockenen Materials, ausgedrückt in Meterkilogramm. Mit Rücksicht auf die ganz regelmäßige Gestalt des Spannungsdiagrammes und nach genauer Ausmessung vieler solcher Diagramme kann dieser Arbeitsmodul annähernd berechnet werden nach der Formel $A = \frac{2}{3} \frac{\delta}{100} R$.

Nach Hartig giebt der Zahlenwerth A den zuverlässigsten und zutreffendsten Ausdruck für die gesammte Widerstandsfähigkeit der Papiere gegen mechanische Einwirkungen aller Art.

Bei Maschinenpapieren sind die Zahlenwerthe der Rubrik 2 bis 4 so zu verstehen, daß die Probestreifen sowohl in der Arbeitsrichtung, als querlaufend herausgeschnitten wurden und von den so gewonnenen Zahlen der Mittelwerth genommen ist.

Bei guten Maschinenpapieren erreicht die Zerreißungsfähigkeit in der Querrichtung mindestens 3/4 derjenigen in der Arbeitsrichtung und die Bruchdehnung der letzteren mindestens 3/4 derjenigen in der Querrichtung.

Sämmtliche Werthe für R, δ und A wurden aus Diagrammen abgeleitet, die mittels des Zerreißapparates von D. Reusch erhalten wurden.

Alle Papiersorten sind frei von geschliffenem Holze vorausgesetzt, wie dies aus bekannten Gründen für beste Qualitäten nicht anders sein kann.

Papiersorte	Aschengehalt Proc.	Reißlänge Km.	Bruchdehnung Proc.	Arbeitsmodul Met.-Kil.
Fließpapier, weißes	0,5	0,90	1,0	0,006
Druckpapier, Harzleimung	2,0	2,0	2,0	0,027
Conceptpapier	2,0	3,0	2,5	0,050
Mundirpapier, Briefpapier	2,0	4,0	3,0	0,080
Geschäftsbücher Harzleimung	2,0	4,0	3,5	0,105
Urkundenpapier, Actendeckel Thierische Leimung	1,0	5,5	4,5	0,165
Pergamentpapier	0,6	5,4	4,8	0,173

Bemerkenswerth ist, daß der Arbeitsmodul der letzten beiden Papiersorten denjenigen des besten Urkundenpergamentes A = 0,133 Met.-Kil., noch übertrifft; auch ist hiermit festgestellt, daß es in Deutschland Fabrikanten giebt, welche in ihren Papieren die hier aufgestellten Normen noch erheblich übertreffen. Die oft gehörte Klage, daß wirklich gute Papiere, welche gegen Zerstörung ähnliche Garantie bieten, wie etwa die Aktenpapiere früherer Jahrhunderte, in Deutschland nicht zu haben wären, wird hierdurch hinfällig.

Prof. E. Hoyer[1]) in München hat für das Königlich Bayerische Staatsministerium des Inneren die Papiere der Standesamtsbücher aus den 8 Landesbezirken geprüft. In seinem hierüber erstatteten Berichte bezeichnet er die folgenden Eigenschaften des Papiers als diejenigen, welche Anhaltspunkte bei der Bestimmung der Dauerhaftigkeit liefern:

1. Die absolute Festigkeit, 2. die Dehnbarkeit, 3. das Gewicht, 4. die Zusammensetzung, 5. die Gleichmäßigkeit in der Structur und, wenn auch erst in zweiter Linie, 6. die Farbe, Durchsichtigkeit u. dgl.

Zur Bestimmung der absoluten Festigkeit wurden mit jeder Papiersorte 10 und mehr Zerreißungsversuche nach beiden Richtungen im Bogen angestellt und zwar mit genau gleich (etwa 15 Millim.) breiten Streifen von der Länge, wie sie die Größe des Bogens ermöglichte. Desgleichen fanden ebenso

1) Bayersches Industrie- und Gewerbeblatt 1881, S. 261, und Dingler's polyt. Journ. 1881, Bd. 241, S. 358.

viel Dehnungsversuche statt und zwar ebenfalls nach beiden Richtungen im Bogen. Das Gewicht wurde durch Wägung und Controlwägung des Bogens ermittelt und auf die Flächeneinheit von 1 Quadrmet. reducirt. Zur Erkennung der Zusammensetzung wurden chemische Reactionen, mikroskopische Untersuchungen, Aschenbestimmungen und, wo es nothwendig schien, noch qualitative Untersuchungen der Asche angestellt. Um den Gleichmäßigkeitsgrad an jeder Papiersorte kennen zu lernen, wurden je fünf Dickenmessungen auf 0,001 Millim., und an den verschiedensten Stellen vorgenommen.

Um auf Grund der Untersuchungs- und Rechnungsresultate nun Schlüsse auf die Güte und Dauerhaftigkeit der Papiere überhaupt, der vorliegenden Proben insbesondere ziehen zu können, sind zugleich diejenigen Erfahrungen in Betracht zu nehmen, welche man im Laufe der Zeit an guten und schlechten Papieren gemacht hat. Als solche gelten, daß diejenigen Papiere die besten und dauerhaftesten sind, welche aus Leinenlumpen mit animalischer Leimung erzeugt werden, und daß die Güte um so mehr abnimmt, je weiter man sich von dieser einfachen Zusammensetzung entfernt.

Vor allen Dingen ist für Documentenpapier absolut verwerflich ein Zusatz von Holzstoff und erdigen Füllstoffen (Gyps, Kaolin, Kreide, schwefelsaurem Baryt u. A.) und letztere sind nur zuzulassen, soweit die mineralische Leimung dieselben fordert. Da diese nun dem Papier in solcher Menge zugesetzt wird, daß nicht mehr als 2 Proc. Asche vom Papier zurückbleiben, so kann man, aus diesem Grunde und weil die Harzleimung überhaupt nicht verwerflich erscheint sondern zulässig ist, auch etwa 2 Proc. Aschengehalt als Normalaschengehalt zulassen. Ebenso wichtig für die Dauerhaftigkeit des Papiers ist dessen absolute Festigkeit und Dehnungsvermögen namentlich aus dem Grunde, weil dieselbe im Verein mit der möglichst gleichmäßigen Dicke ein Prüfstein für die sorgfältige Herstellung der Papieres aus dieser Masse ist. Nach hier vorliegenden Erfahrungen (vgl. auch die vorstehende Mittheilung Hartig's) soll bei Urkundenpapier die Reißlänge nach der einen Richtung mindestens etwa 5000 Met. und nach der anderen Richtung nicht unter 3/4 hiervon, also etwa 3700 Met., die Bruchdehnung ebenfalls in einer Richtung etwa 4 1/2 und

in der anderen Richtung ebenfalls nicht unter $^3/_4$ hiervon, also etwa $3^1/_2$ Proc. betragen. Ferner ist noch die Anwesenheit einer oft wahrgenommenen Säure im Papier zu berücksichtigen, welche die Haltbarkeit wesentlich beeinträchtigen kann, durch eine falsche Behandlung des Zeuges entsteht und nicht geduldet werden sollte. Zum Schutz gegen äußere Verletzung, leichtes Zerreißen, muß das Documentenpapier ein gewisses Gewicht besitzen und zwar annähernd 90 Gr. auf 1 Quadrmet.

Indem wir bezüglich der Zahlen, welche Hoyer bei der Untersuchung des Papieres der Bayerischen Standesamtsbücher erhielt, auf unsere Quelle verweisen, sei hier nur bemerkt, daß von den 8 untersuchten Papiersorten 6 in keiner Beziehung den Ansprüchen genügten, welche an haltbare Papiere gestellt werden müssen, daß sie sogar in Bezug auf ihre Haltbarkeit die größten Bedenken hervorriefen, da ihre Dauer sich auf wenige Jahre beschränken wird. Die zwei übrigen Sorten zeichneten sich zwar durch geringen Gehalt an verholzter Zelle aus und wurden sonst den Ansprüchen ziemlich gerecht; allein zur Verwendung als Standesamtpapier glaubt sie Hoyer ebenfalls nicht empfehlen zu können. Schließlich befürwortet Hoyer zur Verwendung als Documentenpapier solche Maschinenpapiere erster Qualität zu beschaffen, welche die gehörige Gleichmäßigkeit besitzen und aus guten Stoffen (Leinenlumpen) mit vegetabilisch-mineralischer Leimung hergestellt sind. Solche Maschinenpapiere sind billiger herzustellen als gleich gutes Handpapier und werden vielfach als sogenanntes Bücherpapier zu dem für die Geschäftsführung in den Handelshäusern gebrauchten Büchern verwendet.

Nekrolog

für das Jahr 1880.

Nils Johann Andersson, berühmter schwedischer Botaniker, starb 27. März in Stockholm. Andersson war 20. Februar 1821 geboren, studirte in Upsala und wurde 1845 assistirender Professor der Botanik daselbst. In den Jahren 1851 bis 1853 nahm er an der Weltumseglung der Fregatte „Eugenia" theil, wurde 1855 Demonstrator der Botanik und im folgenden Jahre ordentlicher Professor in Lund, sowie Director des Bergianska'schen Gartens und Superintendent der botanischen Abtheilung des königlichen Museums. In diesen Stellungen war er bis 1879 thätig, zahlreiche wissenschaftliche Reisen nach Lappland, Norwegen, Deutschland, Frankreich, England, unternehmend.

E. B. Andrews, bei der geologischen Landesaufnahme von Ohio betheiligt, mit Newburry und Orton Verfasser des Werkes „Geological survey of Ohio" (1870), starb 21. August.

David Thomas Ansted, englischer Geolog, geboren 1814 in London, starb 20. Mai. Im Jahre 1836 ward Ansted Fellow des Jesus-College in Cambridge, 1840 Professor der Geologie an Kings College in London, 1845 Docent der Geologie am Addiscombe-College und Civilingenieur-College, und um dieselbe Zeit auch assistirender Secretär der Geologischen Gesellschaft, deren Quarterly-Journal er lange Zeit herausgab. Von 1850 an widmete er seine Aufmerksamkeit besonders den Anwendungen der Geologie beim Bergbau, Ingenieurwesen &c. Von seinen selbstständigen Schriften sind besonders zu nennen: „Application of Geology to the Arts and Manufactures," „Physical Geography", „Elementary Course of Geology and Mineralogy" und „The World we live in."

Alexandre Edouard Baudrimont, französischer Chemiker, geb. 1806 in Compiègne im Dep. Oise, starb Anfang März in Bordeaux. Nachdem er eine Zeit lang als Pharmaceut in den Hospitälern von Paris thätig gewesen, studirte er Medicin und promovirte 1831, worauf er sich in Valenciennes niederließ, wo er während der Cholera gute Dienste leistete. Nach Paris zurückgekehrt wurde er erst Präperator am Collège de France und dann agregirter Professor an der medicinischen Facultät, verließ aber später Paris, um den Lehrstuhl der Chemie an der Facultät der Wissenschaften zu Bordeaux einzunehmen, wo er

sich außer mit der reinen Chemie namentlich auch mit deren Anwendungen aufs Physiologie beschäftigte.

Anton Baumgarten, früher Professor der Mathematik und Physik an der Universität zu Innsbruck, geboren 1817 in Wien, starb als k. k. Regierungsrath 29. September in Meran.

Ludwig Ritter von Becker, hervorragender Eisenbahnconstructeur, starb als Centralinspector der österreichischen Nordbahn am 26. October in Wien.

Thomas Bell, um die biologische Wissenschaft verdienter englischer Zoolog, geboren 11. October 1792 in Poole in Dorsetshire, starb 13. März. Von Beruf Zahnarzt, wendete sich Bell in seinen Mußestunden frühzeitig schon dem Studium der Zoologie zu und veröffentlichte werthvolle Arbeiten in den Schriften der Linné'schen, Geologischen und Zoologischen Gesellschaft. Seit 1828 war er auch Mitglied und 1848 bis 53 einer der Secretäre der Königlichen Gesellschaft; dann ward er Präsident der Linné'schen Gesellschaft, der er seit 1815 angehörte. In einer von Van Voorst herausgegebenen Serie von Handbüchern bearbeitete er die britischen Quadrupeden, Reptilien und stieläugigen Crustaceen, sein Hauptwerk ist aber der illustrirte „Monograph of the Testudinata" (1836 und 1872).

Nicolaus Bellot, Fabrikbesitzer in Prag, starb daselbst Ende Mai im Alter von 84 Jahren. Er ist bekannt dadurch, daß er zuerst 1820 in Paris explodirende Substanzen, indem er sie durch Percussion entzündete, zur Entladung der Gewehre anwandte und dadurch die Einführung der Zündhütchen veranlaßte.

E. M. Berry, englischer Architekt, starb in London 29. Januar im 50. Lebensjahr.

Ernest Bersot, Director der höhern Normalschule zu Paris, starb 3. Februar im Alter von 56 Jahren.

J. A. Boisduval, geboren 1801 in Ticheville, Conservator des Cabinets des Grafen Dejean, ein tüchtiger Entomolog und Horticulturist, der besonders durch seine Arbeiten über die den Gartenpflanzen schädlichen Insecten bekannt ist, starb Anfang März in Paris.

Carl Wilhelm Borchardt, berühmter Mathematiker und seit Crelles Tode 1856 Redacteur des von diesem gegründeten „Journals für die reine und angewandte Mathematik", starb 27. Juni in Rüdersdorf bei Berlin. Borchardt war 22. Februar 1817 in Berlin geboren, habilitirte sich an der dortigen Universität und erhielt später eine Professur für Mathematik; 1856 wurde er Mitglied der Berliner Akademie.

Sir Thomas Bouch, bekannter englischer Ingenieur, starb 30. October in Moffatt in Dumfriesshire. Er war der Erbauer der 3,2 Kilometer langen eisernen Brücke über den Firth of Tay bei Dundee, die 1877 vollendet ward, deren mittlerer Theil aber am Abend des 28. December 1879 während eines heftigen Sturmes mit einem Eisenbahnzuge in die Fluthen stürzte.

Gustav Brandes, ein sowohl als Operateur, wie in der Behandlung von Geisteskranken geschickter Arzt, geboren 21. September 1821, starb im December als Director des Stadtkrankenhauses in Hannover.

Paul Broca, hervorragender französischer Anthropolog und Vertreter der neuern anthropologischen Schule, starb 9. Juli in Paris. Er wurde 1824 zu St. Foy la Grande im Departement Gironde geboren, machte seine medicinischen Studien in Paris und erhielt, nachdem er in den Hospitälern thätig gewesen, die Professur der chirurgischen Pathologie an der medicinischen Facultät zu Paris; seit 1866 war er auch Mitglied der medicinischen Akademie und wenige Monate vor seinem plötzlichen Tode wurde er zum Mitglied des Senats ernannt.

Benjamin Collins Brodie, englischer Chemiker, geboren 1817 in London, starb 24. November. Nach Absolvirung seiner Studien in Oxford ging der junge Brodie nach Gießen zu Liebig, wo er im Sommer 1845 seine ersten Studien über die Natur des Wachses anstellte, die er nach seiner Rückkehr in sein Vaterland in seinem Privatlaboratorium fortsetzte. Die Ergebnisse wurden 1848 und 1849 in den Philosophical Transactions veröffentlicht. Es folgten dann die Untersuchungen über die reducirenden Wirkungen des Wasserstoffhyperoxyds, über die Constitution der Alkoholradicale (1850), über den Phosphor (1853) und das Atomgewicht des Graphits (1859). 1855 wurde er Waynflete-Professor der Chemie in Oxford und verhalf seiner Wissenschaft zu der ihr gebührenden Stelle im Organismus dieser Universität. Verschiedene wichtige Arbeiten wurden in Brodie's Universitätslaboratorium ausgeführt, von denen nur die über das Ozon (1872) erwähnt werden mögen. Eigenthümliche Ansichten entwickelte Brodie in seinem „Calculus of chemical operations“ (1866). Sein Lehramt in Oxford hatte er schon einige Zeit vor seinem Tode aufgegeben.

Frank Trevelyan Buckland, der älteste Sohn des als Geolog bekannten Decans von Westminster, Dr. Buckland, starb im December. Buckland war 17. December 1826 geboren, studirte Medicin und wurde 1851 Wundarzt in St. Georg's Hospital in London, sowie später im 2. Garde-Regiment. Er hatte, ohne eigentlich Naturforscher zu sein, ein reges Interesse für die verschiedenen Zweige der Naturwissenschaften, gab seines Vaters „Geology and Mineralogy“ (1858) heraus, schrieb mehrere Bände „Curiosities of Natural History“ u. a.; seine Hauptaufmerksamkeit aber wandte er den Fischen und der Fischzucht zu, und er hatte in Verbindung mit dem South-Kensington-Museum ein ansehnliches Museum für ökonomische Fischzucht angelegt, das er dem englischen Volke hinterlassen hat. 1869 wurde er zum Inspector der Lachsfischereien von England und Wales ernannt und später war er einer der Commissare, welche die englische Krabben- und Hummernfischereien besichtigten und auf deren Bericht 1877 ein die betreffenden Fischereien regelndes Gesetz zu stande kam.

Nadault de Buffon, französischer Straßen- und Brückenbau-Ingenieur, von mütterlicher Seite Urenkel des berühmten Naturforschers Buffon, starb in Paris 19. Juni im Alter von 76 Jahren. Er war Abtheilungschef im Ministerium der öffentlichen Arbeiten und hat sich besonders durch Einführung der künstlichen Bewässerung, die er in Italien studirt hatte, um sein Vaterland verdient gemacht. Sein „Traité des usines sur les cours d'eau“ (1840) und sein „Cours d'agriculture et d'hydraulique agricole“ (4 Bde. 1853—1856)

behandeln dieses Thema; auch trug er 1852 Sorge, daß dasselbe an der École des Ponts et Chaussées regelmäßig behandelt wurde.

Ludwig von Buhl, Professor der pathologischen Anatomie und Mitglied der Akademie der Wissenschaften in München, starb daselbst 30. Juli.

Chintamanay Ragoonatha Charry, seit 17 Jahren erster Assistent der Sternwarte zu Madras, diesem Institute schon seit 45 Jahren angehörig, starb 3. Februar. Als Beobachter wie als Rechner nahm er an allen Arbeiten der Sternwarte wesentlichen Antheil, veröffentlichte auch mehrere selbstständige Abhandlungen in den Schriften der königlichen Astronomischen Gesellschaft, zu deren Mitglied er 1872 ernannt wurde. Er beobachtete zwei totale Sonnenfinsternisse, die vom August 1868 zu Bunpurthy und die vom December 1871 zu Avenshy; auch entdeckte er zwei veränderliche Sterne, R im Rhomboidischen Netz 1867 und V im Cepheus 1878.

Michel Chasles, hervorragender französischer Geometer, starb 18. December in Paris. Geboren 15. November 1793 zu Epernon im Dep. Eure et Loir, besuchte er 1812 bis 1814 die Polytechnische Schule in Paris, lebte aber dann, auf eine öffentliche Anstellung verzichtend, zehn Jahre als Wechselagent in Chartres, mit geometrischen Studien beschäftigt; im Jahre 1825 übernahm er eine Professur daselbst und 1837 erschien sein berühmtestes Werk, der „Aperçu historique sur l'orgine et le développement des méthodes en géométrie“ (deutsch von Sohncke 1839; 2. Aufl. 1876). 1845 wurde Chasles Professor der Geodäsie und Maschinenkunde an der Polytechnischen Schule zu Paris und 1846 bestieg er den eigens für ihn begründeten Lehrstuhl der höhern Geometrie an der Facultät der Wissenschaften daselbst. Im Jahre 1839 wurde er correspondirendes und 1851 an des ausgestoßenen Libri Stelle ordentliches Mitglied der Akademie. 1852 erschien seine „Géométrie supérieure“, von welcher der „Traité des sections coniques“ (1865) eine Fortsetzung bildet. Im nächsten Jahre wurde Chasles das Opfer eines großartigen Betruges, indem ein gewisser Brain-Lucas ihm eine große Menge gefälschter Autographen käuflich überließ, durch welche nachgewiesen wurde, daß nicht Newton, sondern Pascal das Gravitationsgesetz gefunden habe. Chasles, der diese Autographen, von denen ihm immer neue zugetragen wurden, für echt hielt und 150000 Franken auf ihren Ankauf verwendete, theilte dieselben der Akademie mit. Erst 1869 gelang es, den Fälscher zu entlarven und der Strafe zu überliefern. Von Chasles übrigen Werken ist noch ein „Rapport sur les progrès de la géométrie“ (1871) zu nennen; außerdem hat er eine Fülle einzelner Abhandlungen veröffentlichst, meist dem Gebiet der höhern (neuern) Geometrie angehörig.

J. D. Digney, als Erfinder eines Drucktelegraphen bekannter Elektriker, starb 13. Mai in Paris.

Heinrich Drasche, Ritter von Wartinberg, großer Industrieller, starb 24. Juli in Wien im 69. Lebensjahre. Fast unbemittelt kam Drasche, ein geborner Brünner, im Jahre 1826 nach Wien; sein Onkel, Alois Miesbach, besaß jedoch schon damals die Wienerberger Ziegelgewerkschaft in Inzersdorf. Vom Jahre 1829 an war

Drasche als technischer und commercieller Director die Seele des großartigsten keramischen Etablissements von Oesterreich, welches sich nach dem Beginn der Stadterweiterung zu Dimensionen entwickelte, wie solche von keinem derartigen Unternehmen bisher erreicht wurden. Drasche war der erste in Oesterreich, der die architektonische Verwendung von Keramik anbahnte und die Erzeugung von Terracotta zum Häuserschmuck begann. Nach dem Tod Aloys Miesbachs (1857) übernahm Drasche die neun Ziegeleien, deren technischer Leiter er bis dahin gewesen, und der 30 Kohlenwerke seines Onkels in sein Eigenthum. Zwei Drittheile der neuen Wiener Häuser sind aus Drasche'schen Ziegeln erbaut; die Reliefs an der Börse, das chemische Laboratorium, das Kunstgewerbe-Museum (zu dessen Curatoren Drasche gehörte) geben Zeugniß von der hohen Stufe, die Drasche's Ziegelei und Terracottafabrik erreicht haben. Wenn auch die Drasche'schen Ziegelwerke, dem Zuge der Zeit folgend, in ein Actienunternehmen verwandelt wurden, so ist es doch zum weitaus größten Theile Drasche's Capital, mit dem gearbeitet wird, und Drasche's Geist weht durch die Unternehmung. Den Kohlenwerken, die Drasche geerbt hatte, fügte er 12 neue, die er erschlossen, hinzu, so daß materiell sein Bergbau noch weit wichtiger erscheint als die erwähnten Ziegeleien.

Johann Heinrich Dumreicher von Oesterreicher, berühmter Operateur, ordentlicher Professor der Chirurgie an der Universität Wien, geboren 1815 in Triest, starb 16. November auf seinem Gute Januschowatz in Kroatien.

Karl Philipp Falck, Professor der Medicin und Director des pharmakologischen Instituts der Universität Marburg, der er seit länger als 30 Jahren angehörte, geboren daselbst 1. März 1817, starb 30. Juni.

Johann Ernst Ludwig Falke, namhafter Thierarzt, starb 24. September in Jena als Professor der Thierarzeneikunde an der Universität. Geboren 20. April 1805 in Rudolstadt wurde Falke, nachdem er seine Studien in Dresden und Berlin vollendet, 1827 Thierarzt in seiner Vaterstadt, 1829 Lehrer an der Thierarzeneischule in Dresden, 1832 Hofthierarzt und 1840 Landesthierarzt in Rudolstadt, und folgte 1847 einem Rufe an das landwirthschaftliche Institut nach Jena, legte aber sein Amt bald wieder nieder und übernahm 1849 eine außerordentliche Professur an der Universität.

Pierre Antoine Favre, durch seine Forschungen auf dem Gebiete der Thermochemie bekannter Forscher, geb. 20. Februar 1813 in Lyon, starb 17. Februar als Professor der Chemie an der Facultät der Wissenschaften zu Marseille. Er begann seine wissenschaftliche Laufbahn in Paris, wo Peligot ihn in die Chemie einführte, und trat dann in das Laboratorium des Professor Audral, wo er eine Reihe von Untersuchungen über physiologische Chemie durchführte. Später wurde er Assistent von Peligot am Conservatoire des Arts et Métiers, in welcher Stellung er, während der ersten 6 Jahre in Gemeinschaft mit J. T. Silbermann, seine thermochemischen Arbeiten begann. Er ward hierauf assistirender Professor der Chemie an der medicinischen Facultät zu Paris und, nachdem er dieses Amt 9 Jahre lang bekleidet, Professor der Chemie an der medicinischen Facultät zu Marseille, die

ihn später zu ihrem Decan erwählte. Seit 1878 lebte er von seinem Lehramt zurückgezogen.

Karl Friedrich Flemming, einer der ausgezeichnetsten Irrenärzte, starb 27. Januar in Wiesbaden als großherzoglich mecklenburg-schweriner Geh. Medicinalrath.

Marc Antoine Gaudin, geboren 5. April 1804 in Saintes im französischen Departement Charente Inférieure, seit 1835 als Rechner am Pariser Längenbureau angestellt, der sich durch verschiedene Erfindungen auf den Gebieten der Physik und Chemie bekannt gemacht hat, starb im Laufe vorigen Jahres.

Jean Mothée Gaugin, berühmter französischer Elektriker, starb 31. Mai zu Saint Martin d'Estreaux im Dep. Calvados. Er war 1810 in der Normandie geboren, besuchte die Polytechnische Schule in Paris, sowie die Artillerieschule in Metz, und widmete sich dann der Metallurgie. Seit dem Jahr 1853, in welchem seine erste Arbeit unter dem Titel „Note sur les signes électriques attribuées au mouvement de la chaleur" erschien, hat er sich ausdauernd mit Untersuchungen in den verschiedenen Gebieten der Elektricitätslehre beschäftigt, in den letzten Jahren darin unterstützt von seiner einzigen Tochter. Vor 5 Jahren ertheilte ihm die Pariser Akademie den von Gegner gestifteten Preis von jährlich 4000 Franken „für einen armen Gelehrten, um ihn in seinen Studien zu unterstützen."

Karl Emil Gemming, pensionirter bayerscher Oberst, bekannt durch seine reichhaltigen Sammlungen, die ehemals eine Sehenswürdigkeit von Nürnberg bildeten, starb daselbst 29. Januar. Gemming wurde 26. April 1794 in Heilbronn am Neckar geboren, studirte in Jena, nahm an den Freiheitskriegen theil und wohnte u. a. dem Treffen bei Gadebusch bei, in welchem Theodor Körner fiel, trat dann in bayersche Dienste, war erst Instructor im Kadettencorps, dann im topographischen Bureau, später auch letzter Commandant der Veste Rosenberg, und trat 1866 in den Ruhestand, um fortan ganz den Wissenschaften, insbesondere der Numismatik, Geologie und Paläontologie, zu leben. Er war Mitbegründer und zeitweiliger Vorstand des Albrecht-Dürer-Vereins und gehörte dem Gelehrten-Ausschuß des Germanischen Museums an.

Martin Gropius, Director der Kunst- und Gewerbeschule zu Berlin, ein sehr feinsinniger Architekt, der in Gemeinschaft mit dem Baumeister Schmieden eine Reihe öffentlicher und privater Bauwerke geschaffen hat und dessen letzter Bau das königliche Kunstgewerbemuseum in Berlin ist, starb 13. December. Er war geboren 11. August 1824.

Adolph Eduard Grube, verdienstvoller Zoolog, starb 23. Juni in Breslau. Geb. 12. Mai 1812 zu Königsberg, studirte Grube von 1831 an der Universität dieser Stadt, wurde 1837 Doctor der Medicin und nachher Privatdocent für Zoologie daselbst, folgte darauf 1844 einem Rufe als Professor der Zoologie nach Dorpat und 1857 einem gleichen nach Breslau.

Bernhard von Gugler, fast 40 Jahre lang an der technischen Hochschule zu Stuttgart thätig, einer der Bahnbrecher für die darstellende Geometrie, sowohl durch seine anregenden Vorträge als auch durch sein treffliches Lehrbuch, starb 12. März in Folge eines Herzleidens. Er war

geboren 5. März 1812 in Nürnberg und nicht blos ein tüchtiger Mathematiker, sondern auch ein sehr vielseitig gebildeter Mann, ein hervorragender Kenner der Literatur und namentlich der Musik.

Heinrich von Gumbart, königlich bayerscher Telegraphen-Director, starb 10. Februar in München.

Eduard Wilhelm Günz, verdienstvoller Irrenarzt, Leiter einer 1836 von ihm gegründeten Irrenanstalt, starb im 80. Lebensjahr auf dem Thonberg bei Leipzig 2. März.

Samuel Stehman Haldeman, Professor der vergleichenden Philologie an der Pennsylvania-Universität, starb im September im Alter von 68 Jahren. Früher war Haldemann auf dem Felde der Naturwissenschaften thätig: 1836 war er bei der geologischen Landes-Aufnahme von New-Jersey, im nächsten Jahre bei der seines Heimathstaates Pennsylvanien beschäftigt; später nahm er den Lehrstuhl der Geologie an der Universität von Philadelphia und in einem Delaware-College ein, und nachher wurde er Professor der Geologie und Chemie der Staats-Agricultur-Gesellschaft von Pennsylvanien.

Wilhelm von Hamm, k. k. Ministerinlrath im Ackerbauministerium, in weiteren Kreisen als landwirthschaftlicher Schriftsteller bekannt, starb 8. November in Wien. Er war 5. Januar 1820 in Darmstadt geboren, bildete sich in Hohenheim und Gießen, namentlich unter Liebig, zum Landwirth aus, lebte dann als Lehrer in der Schweiz, später als Inhaber einer Fabrik landwirthschaftlicher Maschinen, Redacteur der „Agronomischen Zeitung" und Lehrer an der landwirthschaftlichen Anstalt Lütschena in Leipzig, bis er 1867 nach Wien in das Ministerium berufen wurde.

Ernst Hampe, der Nestor der deutschen Bryologen, starb 85 Jahr alt in Helmstedt 23. November.

Karl Moritz Hänel, königlich sächsischer Oberlandbaumeister, ein um die Entwickelung des sächsischen Bauwesens in den letzten Jahrzehnten hochverdienter Architekt, starb in Dresden den 3. Januar. Hänel war 1807 in Dresden geboren und besuchte die dortige Bauschule, wo er noch den Unterricht des Münchener Architekten Thürmer genoß, der 1827 Lehrer an dieser Anstalt wurde und sie zu neuer Blüthe brachte. Seine Laufbahn begann Hänel als Assistent des damaligen Landbaumeisters Barth. Abgesehen von vielen Herrenhäusern und andern Bauten, hat Hänel den Theil des Dresdener Zwingers wiederhergestellt und durch Neubauten ergänzt, der in den Maitagen 1849 durch Feuer zerstört worden war. Ferner vollendete er den 1847 von Gottfried Semper begonnenen Bau des kgl. Museums, in welchem sich seit 1855 die Gemäldegallerie befindet. Auch war er beim Bau des 1868 abgebrannten und bei dem des neuen Hoftheaters thätig. Unter seiner Leitung erfolgte der Umbau des alten Galleriegebäudes in Dresden, des jetzigen Johanneum, die Restauration des Innern der Katholischen Kirche und die Renovation der Albrechtsburg in Meißen. Nach seinen Plänen endlich wurden die Gebände des böhmischen Bahnhofes in Dresden (1864 dem Verkehr übergeben), des Bahnhofes in Chemnitz, sowie des Entbindungsinstituts in Friedrichstadt-Dresden und der Forstakademie in Tharandt ausgeführt.

J. von Hanstein, berühmter Botaniker nnd Professor an der Universität zu Bonn, starb als Rector der letzteren 27. August.

Georg Ludwig Hartwig, längere Zeit hindurch Badearzt in Ostende, starb 10. März in Salon bei Ludwigsburg. Er ist in weiteren Kreisen bekannt als Verfasser populär wissenschaftlicher Schilderungen des Meeres: „das Leben des Meeres" (2. Aufl. 1857), „die Inseln des Großen Oceans in Natur- und Völkerleben (1861).

Karl Ritter von Hauer, Vorstand des Laboratoriums der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien, starb daselbst 2. August durch eigene Hand.

Ferdinand Ritter von Hebra, berühmter Arzt und akademischer Lehrer, Professor der medicinischen Facultät in Wien, besonders verdient um Behandlung der Hautkrankheiten, geboren 1816 in Brünn, starb 5. August in Wien.

Gustav Heine, durch seine langjährige Lehrthätigkeit als Professor der Baukunde an der Bauakademie und der technischen Bildungsanstalt, dem nachmaligen Polytechnikum, in Dresden bekannt, geboren daselbst 8. Mai 1802, starb 8. Januar. Er ist der Erbauer des Gebäudes der technischen Bildungsanstalt, in dem sich jetzt das Kunstgewerbe-Museum in Dresden befindet.

Wilhelm Heintz, hervorragender Chemiker, starb 1. December als Professor an der Universität Halle. Geboren 4. November 1817 in Berlin, widmete sich Heintz anfangs der Pharmacie, dann aber der Chemie, habilitirte sich 1846 als Privatdocent an der Universität Berlin und wurde 1850 Marchands Nachfolger auf dem Lehrstuhl der Chemie in Halle. Seine älteren Arbeiten bezogen sich auf Fragen der physiologischen Chemie, insbesondere hat er eingehende Studien über die Fette angestellt; auch verdankt ihm die analytische Chemie eine Anzahl neuer Methoden und ebenso hat er eine Reihe von Arbeiten über Fragen der anorganischen Chemie ausgeführt. Das Hauptfeld seiner Thätigkeit lag aber auf dem Gebiete der reinen organischen Chemie.

Karl B. Heller, ein durch zahlreiche Schriften bekannter Naturforscher, Professor am k. k. Theresianeum in Wien, starb Mitte December.

Konstantin Hering, Begründer des Homöopathischen Collegs in Philadelphia, geboren 1. Januar 1800 zu Oschatz in Sachsen, starb in Philadelphia 23. Juli.

Oberbaurath Hochstetter, Professor an der technischen Hochschule in Carlsruhe, starb daselbst 25. April.

John Imray, der sich um die Kenntniß der botanischen Verhältnisse seiner Heimathinsel Domingo mehrfach Verdienste erworben, in weitern Kreisen bekannt durch seine erfolgreichen Bemühungen, liberischen Kaffee und die Cultur der Limonen in Westindien einzuführen, starb 22. August.

Charles Johnson, englischer Botaniker, starb 21. September zu Camberwell im Alter von 89 Jahren. Schon frühzeitig wandte sich Johnson dem Studium der Naturwissenschaften zu und war dann länger als 45 Jahre Professor der Botanik an Guy's Hospital in London. Er war eine große Autorität in allen Fragen der ökonomischen Botanik. Von seinen Schriften sind die „Grasses of Great Britain", „Poiso-

nous Plants“ und „Ferns of Great Britain“ hervorzuheben; auch gab er Sowerby's „English Botany“ heraus.

Thomas Rymer Jones, geb. 1820, starb als Professor der vergleichenden Anatomie an King's College in London. Er hatte Medicin studirt, aber ein chronisches Gehörleiden machte ihm die Ausübung des ärztlichen Berufs unmöglich, und er wandte sich der vergleichenden Anatomie zu. Sein wissenschaftliches Hauptwerk ist die illustrirte „General outline of the animal kingdom“ (1838 ff.); auch lieferte er zahlreiche Beiträge zu Todd's „Cyclopaedia of anatomy and physiology“ und verfaßte die populäre Schrift „Aquarian Naturalist.“

Ernst August Hellmuth von Kiesenwetter, ausgezeichneter Entomolog, starb 18. März als Geh. Regierungsrath in Dresden. Geboren am 5. November 1820, war Kiesenwetter nach vorherigem Acceß 1849 bei der ehemaligen Kreisdirection zu Bautzen als Referendar, später bei den gleichen Behörden in Dresden und Leipzig angestellt worden. 1854 rückte er zum Regierungsrath bei der Leipziger Kreisdirection auf. Zwei Jahre später zum Regierungsrath bei der Bautzener Kreisdirection ernannt, bekleidete er diese Stellung fast 15 Jahre lang; dann erfolgte seine Berufung ins sächsische Ministerium des Inneren. Was seine entomologische Thätigkeit anlangt, so hat Kiesenwetter außer einer Fortsetzung der „Naturgeschichte der Insecten Deutschlands“ von Erichson (Berlin 1856 ff.) und einem „Insecten-Sammler“ (Leipzig 1876) noch zahlreiche, auch durch die geistvolle und philosophische Behandlung des Stoffes werthvolle Artikel in wissenschaftlichen Fachjournalen, wie namentlich in der Berliner „Entomologischen Zeitschrift“, veröffentlicht. Eine Zusammenstellung derselben findet sich in Hagens „Bibliotheca etomologica.“

Ludwig Kirschbaum, Inspector des Naturhistorischen Museums zu Wiesbaden, starb daselbst 3. März. Er war 31. Januar 1811 geboren, hatte seine Bildung auf dem Gymnasium zu Weilburg und der Universität Göttingen erhalten und wirkte seit 1834 als Lehrer der Naturwissenschaften an den Gymnasien zu Weilburg, Hadamar und Wiesbaden. Daneben entfaltete er eine sehr umfassende schriftstellerische Thätigkeit.

Friedrich August Klingenfeld, ehemals Professor für darstellende Geometrie, Maschinenkunde und mechanische Technologie am Polytechnicum zu München, starb daselbst 2. Juni im 64. Altersjahre.

Gustav Klotz, seit 1834 Dombaumeister in Straßburg, hochverdient um die Wiederherstellung des dortigen Münsters nach dem Jahre 1870, starb daselbst 24. Januar im Alter von 69 Jahren. Klotz war 30. November 1810 in Straßburg geboren, studirte in Paris unter dem berühmten Architekten Labrouste, besuchte dann die Schule der schönen Künste und ging 1831 nach Rom. Von dort zurückgekehrt wurde er 1834 durch den Präfecten Sers zum Architekten für das Departement des Niederrheins und vom Maire Lacombe zum Dombaumeister ernannt.

William Lassell, berühmt als Verfertiger mächtiger Spiegelteleskope und tüchtiger Astronom, starb 5. October. Lassell war 18. Juni 1799 zu Bolton in Lancashire geboren und von Profession Brauer.

Um 1820 fing er an, sich mit der Anfertigung von Spiegelteleskopen zu beschäftigen; ein Newton'scher Reflector von 7 Zoll Oeffnung und ein gleich großer Gregory'scher waren die ersten gelungenen Instrumente. Seine Erfolge ermuthigten ihn zum Bau immer größerer Instrumente, wobei er die Schwierigkeiten, welche der Guß und das Poliren der Spiegel, sowie deren Sicherstellung gegen Deformationen verursachten, geschickt zu überwinden wußte, namentlich seitdem er in Nasmyth einen geschickten Mechaniker gewonnen hatte. So entstand zuerst sein 20füßiger Reflector, mit welchem er auf seinem Observatorium zu Starfield bei Liverpool 10. October 1846 den Neptunsmond, im September 1848 den Saturnsmond Hyperion und 1851 die Uranusmonde Umbriel und Ariel entdeckte. Während des Winters 1852/53 stellte er dieses Instrument auf Malta auf und studirte u. a. den Orionnebel. Später construirte er ein noch größeres Spiegelteleskop von 30 Fuß Brennweite und 4 Fuß Oeffnung, mit welchem er 1861 in Verbindung mit Marth auf Malta Beobachtungen anstellte und gegen 600 Nebel entdeckte. Nach seiner Rückkehr nach England verlegte er sein Observatorium in die Nähe von Maidenhead, beschäftigte sich aber vorzugsweise mit der Ordnung und Herausgabe seiner früheren Beobachtungen.

Lécard, französischer Botaniker, ehedem Director des botanischen Gartens zu Saïgoon in Cochin-China und zu Richard Toll in der afrikanischen Colonie Senegal, unterlag den Beschwerden einer im Sommer 1880 im Auftrage des französischen Ministeriums unternommenen Forschungsreise in das Sudan, deren Zweck das Studium der Flora am Oberlaufe des Niger war. Eines der interessantesten Ergebnisse dieser Reise war die Auffindung von fünf Arten Weinreben in Kouridiam, dem äußersten Punkte, den Lécard erreichte.

Lauder Lindsay, ein schottischer Gelehrter, der sich namentlich mit Botanik und Geologie beschäftigt hat, Verfasser der „History of British Lichens" (1870) und des Werkes „Mind in the Lower Animals" (1879), starb im Alter von 50 Jahren 24. November in Edinburg.

Jules Antoine Lissajous, durch seine akustischen Arbeiten bekannter Physiker, starb 24. Februar in Plombières. Er war 2. December 1822 in Versailles geboren und hat eine Reihe von Jahren als Professor am Collège Saint Louis in Paris gewirkt.

Gustav Löbel, Primärarzt am allgemeinen Krankenhause in Wien, einer der bedeutendsten Diagnostiker, geboren 5. November 1817 zu Nawarow in Böhmen, starb 24. October in Wien.

P. W. Lund, ein dänischer Gelehrter, der seit 1832 in Brasilien lebte und sich besonders durch systematische Untersuchung der Knochenhöhlen dieses Landes um die Alterthumswissenschaft verdient gemacht hat, starb im Alter von 79 Jahren in Lego Santo 25. Mai.

Jules Mahyer, hervorragender französischer Ingenieur, Erbauer des Hafendammes von Cherburg, starb im August in Paris im Alter von 65 Jahren.

Erich Martini, bekannt als tüchtiger Operateur, Chefarzt des Allgemeinen Krankenhauses in Hamburg, starb daselbst Anfang April.

Marzolo, ausgezeichneter Chirurg, starb als Professor an der Universität Padua 19. März.

Gaspard Michaud, berühmter Conchyliolog, starb 4. April in Lyon 85 Jahre alt. Dreißig Jahre lang war Michaud Officier in einem französischen Infanterieregiment, 1845 aber nahm er seinen Abschied und trat an die Spitze einer seinem Bruder gehörigen Erziehungsanstalt in Lyon, von welcher Stellung er sich 1867 zurückzog, um ganz seiner Wissenschaft zu leben. Sein Hauptwerk ist das „Complément de l'histoire naturelle des mollusques terrestres et fluviatiles de la France de J. P. R. Draparnaud“ (1831).

William Hallows Miller, hervorragender britischer Mineralog und Krystallograph, starb 20. Mai in Cambridge. Geboren am Anfange d. Jahrhunderts, bestieg Miller 1832 den Lehrstuhl der Mineralogie in Cambridge, den bis dahin Whewell inne gehabt hatte. Im Jahre 1838 erschien sein berühmter „Treatise on Crystallography“, der in verschiedene Sprachen, ins Deutsche von Grailich, übersetzt wurde. Auch die in Verbindung mit H. J. Brooke veröffentlichte „Elementary Introduction to Mineralogy, by the late William Philips“ (1852) ist in der Hauptsache eine Arbeit Millers.

Louis Moll, seit 1836 Professor der Agricultur am Conservatoire des Arts et Métiers in Paris, sowie an dem nationalen Agronomischen Institut, starb 1. December.

Friedrich Mook, Arzt aus Bergzabern, der sich einer von Dr. Emil Riebeck aus Halle geleiteten wissenschaftlichen Reisegesellschaft angeschlossen hatte, welche um die ganze Erde zu gehen beabsichtigte, ertrank 13. December beim Uebergang über den Jordan in Palästina.

Arthur Jules Morin, französischer Divisionsgeneral, rühmlichst bekannt durch seine Forschungen auf dem Gebiete der praktischen Mechanik, starb 6. Februar. Geboren 17. October 1795 trat Morin frühzeitig in die Polytechnische Schule, die er 1814 verließ, um als gemeiner Kanonier an der Vertheidigung von Paris theilzunehmen. Nach Herstellung des Friedens studirte er an der Applicationsschule in Metz Kriegs- und Ingenieurwissenschaften und wurde 1819 Lieutenant bei den Pontonieren. Rasch stieg er auf der militärischen Stufenleiter empor und wurde 1832 Brigadegeneral der Artillerie, 1855 Divisionsgeneral. In der wissenschaftlichen Welt wurde sein Name zuerst bekannt durch seine experimentelle Ermittelung der Gesetze der Reibung, über welche er in den Jahren 1833 bis 35 der Pariser Akademie Bericht erstattete. 1841 trat er an Coriolis' Stelle in diese Akademie ein und bald darauf ward er zum Professor der Mechanik am Conservatoire des Arts et Métiers in Paris ernannt, dessen Director er von Pouillets Tode 1852 an wurde. Aus den folgenden Jahren 1853 und 54 ist die Veröffentlichung der Ergebnisse seiner Experimentaluntersuchungen über die Festigkeit der Baumaterialien zu erwähnen. Im nächsten Jahre war er Vorsitzender der Weltausstellungs-Commission. Von seinen selbstständigen Werken sind am bekanntesten die „Leçons de mécanique pratique“, u. das schon erwähnte Werk „Résistance des matériaux“ (1853).

Ludwig Moser, ordentlicher Professor der Physik an der Universität Königsberg, starb daselbst 22. Februar im 75. Lebensjahre. Durch die „Moser'schen Lichtbilder“ ist sein Name mit den ersten Forschungen auf dem Gebiete der Photographie verknüpft.

C. M. Tessié du Motay, durch vielfache Erfindungen auf dem Gebiet der Industrie (Fabrikation von Fettsäuern, continuirliche Herstellung von Sauerstoff, s. dieses Jahrb. III, S. 300, Hydro-Oxygenbeleuchtung, photographische Emails &c.) in weitern Kreisen bekannt, starb 5. Juni am Ontariosee in Canada, wo er als Dirigent von Kupferminen thätig war.

Gerard Johannes Mulder, verdienstvoller Chemiker, starb im Mai in Utrecht. Er wurde 27. December 1802 in Utrecht geboren, studirte daselbst Medicin, Naturwissenschaften und Mathematik und ließ sich 1825 als Arzt in Amsterdam nieder, wurde aber im nächsten Jahr Lehrer der Physik bei der Batavischen Gesellschaft in Rotterdam und dann Lehrer der Botanik an der medicinischen Schule daselbst; 1841 trat er die Professur der Chemie an der Universität Utrecht an, die er bis zu seinem Tode bekleidete. Von seinen zahlreichen Schriften sind besonders bekannt „Die Chemie des Weines," „die Chemie des Bieres" und „die Chemie der Ackerkrume."

Albert J. Myer, General und Chef des Signaldienstes der Vereinigten Staaten, hochverdient um Organisation des telegraphischen Witterungsdepeschenwesens, geboren 20. September 1828 in Newbury, Newyork, starb 24. August in Buffalo.

Nees von Esenbeck, Inspector des botanischen Gartens in Breslau, starb daselbst 30. Mai.

Edwin Oppler, bedeutender Architekt, geboren 1830 in Breslau, mit Schorbach Herausgeber der Zeitschrift „Kunst und Gewerbe", starb im September in Hannover.

Eugene O'Meara, Rector von Newcastle Lyons in der Grafschaft Dublin, ein durch seine Forschungen über die Diatomeen bekannter Geistlicher, geboren um 1815, starb 20. Januar. Die lange Reihe seiner Arbeiten über die irischen Diatomeen beginnt mit einer Mittheilung über „Diatoms occurring in the Chalk of the County Antrim" auf der britischen Naturforscherversammlung zu Dublin im August 1857; sein Hauptwerk ist der „Report on Irish Diatomaceae."

Helge Palmcrantz, schwedischer Civilingenieur und Erfinder einer Mitrailleuse, starb 22. November zu Stockholm, erst 38 Jahr alt.

Karl von Patruban, früher Professor der Anatomie, erst in Innsbruck, dann in Prag, starb im 64. Lebensjahre 2. October in Wien.

Benjamin Peirce, verdienstvoller amerikanischer Mathematiker und Astronom, starb 6. October in Cambridge, Massachusetts, wo er seit einem Vierteljahrhundert als Professor am Havard-College thätig war; auch stand er seit Bache's Tode an der Spitze der amerikanischen Küstenvermessung. Von seinen zahlreichen Schriften ist in erster Linie sein Lehrbuch der analytischen Mechanik (1857) zu nennen.

Jacques Personne, französischer Chemiker, geboren 1816 zu Saulieu im Dep. Côte d'Or, starb 13. December als Professor an der Ecole supérieur der Pharmacie in Paris.

Christian August Friedrich Peters, hervorragender Astronom, Director der Sternwarte zu Kiel, starb daselbst 8. Mai. Er wurde 7. September 1806 in Hamburg geboren, studirte 1825 bis 1832 unter Schumacher auf der Sternwarte zu Altona Astronomie und be-

theiligte sich an der holsteinischen Gradmessung, setzte dann seine Studien unter Bessel in Königsberg fort und wurde 1839 Observator in Pulkowa. Hier beschäftigte er sich besonders mit Bestimmung der Nutationsconstanten, über welche er 1842 das Werk „Numerus constans nutationis ex ascensionibus rectis Stellae Polaris“ veröffentlichte, sowie mit Ermitelung von Fixsternparallaxen. 1849 bis 1854 war er Professor der Astronomie in Königsberg, im October 1854 aber übernahm er nach Petersen's Tode die Leitung der Altonaer Sternwarte, die 1872 nach Kiel verlegt ward, wo nach Peters Angaben eine neue Sternwarte in Düsterbrook erbaut wurde; 1873 wurde ihm auch die Professur der Astronomie an der Kieler Universität übertragen. Von seinen Arbeiten sind noch zu nennen die Berechnung der Doppelsternbahn des Sirius aus den von Bessel beobachteten Unregelmäßigkeiten der Bewegung dieses Fixsternes (1851), die telegraphische Bestimmung der Längenunterschiede zwischen Schwerin und Altona, Altona und Kiel, Kopenhagen und Göttingen, sowie seine Theilnahme an der Europäischen Gradmessung. Seit 1854 redigirte er die „Astronomischen Nachrichten“, auch veröffentlichte er 3 Bde. „Populäre Mittheilungen aus dem Gebiete der Astronomie.“

Philipp Phoebus, bekannter Pharmakolog, ehemals Professor in Gießen, geboren 27. Mai 1804 in Märkisch-Friedland, starb in Gießen Anfang Juli.

Mungo Ponton, Mitglied der königlichen Gesellschaft in Edinburg, welcher im August starb, hat frühzeitig die nachmals für photographische Druckprocesse so wichtigen Einwirkungen des Lichtes auf mit Bichromaten behandelte Gelatine studirt; auch erfand er schon 1845 ein photographisch registrirendes Thermometer.

Louis François de Pourtalès, dessen Name mit den neuern Tiefseeforschungen innig verbunden ist, starb 17. Juli zu Beverly Farms in Massachusetts im 57. Jahre seines Alters. Sohn einer alten Schweizer Familie ging Pourtalès, der die Ingenieurwissenschaften studirt hatte, 1847 mit seinem Freund und Lehrer Agassiz nach den Vereinigten Staaten und nahm anfangs an dessen Arbeiten theil, bis er 1848 bei der Küstenvermessung Verwendung fand. Mit Unterstützung der Directoren Bache und Peirce war es ihm möglich, der verhältnißmäßig neuen Wissenschaft der „Talassographie“ seine Aufmerksamkeit zuzuwenden. Nicht nur wurden von den verschiedenen hydrographischen Expeditionen zahlreiche Arten von Thieren aus der Meerestiefe gesammelt, welche Pourtalès bestimmte und beschrieb, sondern es wurden auch in den Jahren 1866 bis 68 eigene Expeditionen zur Erforschung des Golfstroms ausgeschickt, denen später noch andere folgten. Durch den Tod seines Vaters in eine unabhängige Lage versetzt, löste Pourtalès sein Verhältniß zur Küstenvermessung und ging nach Cambridge, wo er seitdem an dem von Agassiz gegründeten Museum der vergleichenden Zoologie thätig war und besonders die Korallen, Halcyonarien, Holothurien und Crinoiden bearbeitete.

A. J. van Prehn, Hauptingenieur der niederländischen Staatseisenbahnen, starb in der ersten Hälfte des März im Haag.

Michael August Friedrich Prestel, bekannt durch seine Ar-

beiten auf meteorologischem Gebiete, Oberlehrer am Wilhelms-Gymnasium in Emden, starb daselbst 29. Februar. Geboren 27. October 1809 in Göttingen, ging Prestel bald nach Vollendung seiner Studien 1833 nach Emden, wo er seitdem geblieben ist. Vom Jahre 1836 fing er an, regelmäßige Witterungsbeobachtungen anzustellen und entwickelte gleichzeitig eine ausgebreitete literarische Thätigkeit; auch war er lange Zeit hindurch Director der naturforschenden Gesellschaft zu Emden.

Berchère de Reffye, französischer Artilleriegeneral, Erfinder der französischen Mitrailleuse, starb 3. December in Paris im Alter von 59 Jahren.

Anton Benedict Reichenbach, geboren 1807 in Leipzig und eine lange Reihe von Jahren Lehrer der Naturgeschichte an der dortigen Realschule, auch als naturhistorischer Schriftsteller sehr thätig, starb 12. November in Gohlis bei Leipzig.

Karl Rudorf, verdienstvoller Forstmann, starb 18. Juli in Dresden als königlich-sächsischer Oberforstmeister und Director der königlichen Forsteinrichtungsanstalt.

Léonce Reynaud, hervorragender Wasserbauingenieur, seit dreißig Jahren mit der Verwaltung der französischen Leuchtthürme betraut, starb 14. Februar in Paris.

Rudolf H. C. C. Scheffer, zwölf Jahre lang Director des botanischen Gartens zu Buitenzorg, starb zu Sindonglaya am 9. März.

Ludwig Scheu, Dombaumeister in Ulm, starb Anfang November. Er war 1. August 1830 in Künzelsau geboren, besuchte die Baugewerkenschule in Stuttgart, an der er später als Lehrer thätig war, und wurde 1871 als Dombaumeister nach Ulm berufen. Hier baute er die letzten Strebebögen am Hauptthurm, die Chorumgänge und die beiden Chorthürme, die 1877 und 1880 fertig wurden.

Gustav Scheve, bekannter Phrenolog, starb 23. Februar in Frankfurt a. M. Scheve wurde 4. Juni 1810 in Heidelberg geboren, studirte Rechtswissenschaft, wurde aber während seiner Studienzeit durch Galls Schädellehre für die Phrenologie gewonnen, über welche er seit 1848 an verschiedenen Orten Vorlesungen hielt. Von seinen Schriften sind besonders der „Katechismus der Phrenologie" (Leipzig 1851, 6. Aufl. 1874) und die „Phrenologischen Bilder" (Ebendas. 1850, 3. Aufl. 1874) zu erwähnen.

Wilhelm Philipp Schimper, einer der bedeutendsten elsässischen Gelehrten, starb 20. März in Straßburg. Geboren 8. Januar 1808 zu Dosenheim bei Zabern im Elsaß, studirte Schimper in Straßburg Theologie, beschäftigte sich aber mit Vorliebe mit Naturgeschichte. Nach längeren Reisen wurde er 1835 Assistent des naturhistorischen Museums in Straßburg und 1839 Director desselben, sowie Professor der Mineralogie und Geologie an der Universität. Schon früher hatten verschiedene Arbeiten über die Moose die Aufmerksamkeit auf ihn gelenkt, und bald war er eine Autorität auf diesem Gebiete; sein Hauptwerk, die „Bryologia Europaea" erschien in 6 Bänden mit 640 Tafeln von 1836 bis 1855, ein umfängliches Supplement dazu 1866. Andere botanische Schriften Schimper's sind „Recherches anatomiques et morphologiques sur les Mousses" (1850), „Mémoire pour servir

à l'histoire naturelle des Sphagnum" (1854), „Synopsis muscorum europaeorum" (1860, 2. Aufl. 1876); aus dem Gebiete der Paläontologie aber veröffentlichte er „Plantes fossiles des Vosges" (1844, mit A. Mougeot), „Palaeontologia Alsatica" (1854), „Le terrain de transition des Vosges" (1862).

Georg Heinrich Eberhard Schnedermann, ehemaliger Director der höheren Gewerbeschule in Chemnitz, starb 30. Januar in Dresden im 62. Jahre.

Karl von Seebach, ordentlicher Professor der Mineralogie und Geologie an der Universität Göttingen, geboren 13. August 1839 in Weimar, starb 21. Janur in Göttingen. Sprößling einer alten sächsisch-thüringschen Adelsfamilie, Pathenkind der deutschen Kaiserin, widmete sich Seebach aus Neigung zu naturwissenschaftlichen Studien zunächst dem Bergfach, studirte dann in Berlin und Göttingen Mineralogie und Geologie, erwarb sich 1862 den philosophischen Doctorgrad, wurde 1863 außerordentlicher, 1870 ordentlicher Professor der Geologie und Paläontologie an der Universität Göttingen, der er lernend und lehrend fast zwei Decennien angehört hat. Dazwischen machte er mehrere große wissenschaftliche Reisen nach Centralamerika, nach der Insel Santorin im Aegäischen Meer, zuletzt noch im Winter 1878/79 nach Portugal und Algarbien. Der Hauptgegenstand seiner Studien war der Bau der Vulcane und die Theorie der Erdbeben. Die Ergebnisse seiner Forschungen, von denen er in verschiedenen Vorträgen nnd kleineren Schriften einiges vorläufig mittheilte, sollten den Inhalt eines größeren Werkes bilden, dessen Ausarbeitung ihn seit Jahren neben seiner akademischen Lehrthätigkeit beschäftigte. Außerdem betheiligte er sich an der geognostischen Aufnahme und Kartirung des Eichsfeldes und der benachbarten sächsisch-thüringischen Districte, sowie an geognostischen und antiquarischen Forschungen in der Umgegend von Göttingen. Um die Universität Göttingen hat er sich ein besonderes Verdienst erworben durch die Leitung, Bereicherung und Neuaufstellung der großen mineralogischen, geologischen und paläontologischen Sammlungen in den Räumen des in den letzten Jahren neuerbauten naturhistorischen Museums, dessen rasche und opulente Herstellung ganz besonders seiner rührigen und einflußreichen Verwendung zu danken war. Leider hat in solch rastloser Thätigkeit und vielseitiger Betheiligung auch am politischen, akademischen und gesellschaftlichen Leben die scheinbar so frische und unverwüstliche Lebenskraft sich allzu rasch verzehrt. Durch ein bedenkliches Halsleiden in seinen Arbeiten unterbrochen, suchte er im Winter 1878/79 vergeblich Genesung in einem südlichen Klima. Er hinterließ ein unvollendetes Werk über die Vulcane Centralamerikas; von selbstständigen früheren Publicationen sind zu nennen: „Die Konchylien-Fauna der Weimarer Trias" (1862), „Der hannoverische Jura" (1864), „Ueber die typischen Verschiedenheiten im Bau der Vulcane und deren Ursache" (1866), „Ueber den Vulcan von Santorin und die Eruption von 1866" (1866 und 1867), „Centralamerika und der interoceanische Canal" (1873), „Ueber die Wellen des Meeres und ihre geologische Bedeutung" (1872).

William Sharpey, englischer Anatom und Physiolog, starb in

[illegible]

Amsterdam (1869) und Wien (1873) thätig. Von seinen Schriften sind besonders „Die Chemie" (1850, 6. Aufl. 1873), „Handbuch der chemischen Technologie (10. Aufl. 1875) und sein „Jahresbericht über die Leistungen in der chemischen Technologie" (seit 1855) hervorzuheben.

François Hippolyte Walferdin, französischer Physiker, starb 26. Januar in Paris. Er war geboren 8. Juni 1795 zu Langres im Departement Haute-Marne, nahm an den Arbeiten Arago's und Dulongs über die Temperatur des Erdinnern theil, war dann bei der Douane angestellt, wurde 1848 Volksvertreter in der Constituante und lebte seitdem ganz der Kunst; eine prächtige Gemäldegallerie war das Ergebniß langjährigen Sammeleifers.

James Craig Watson, bekannter Astronom, geb. 28. Januar 1838 in Elgin County in Westcanada, starb 23. November als Director der Sternwarte von Madison in Wisconsin. Er studirte in Ann Arbor bei Brünnow Astronomie und nahm, als dieser nach Albany ging, um dort die Leitung der Dudley-Sternwarte zu übernehmen, dessen Platz als Astronom in Ann Arbor ein; als Brünnow 1860 nach Ann Arbor zurückkehrte, erhielt Watson den Lehrstuhl der Physik, wurde dann nach Brünnows Weggang 1863 wieder Director der Sternwarte in Ann Arbor und bekleidete seit 1879 dieselbe Stellung an der unter den Auspicien des Generals Washburne neu angelegten Sternwarte in Madison. Watson ist besonders bekannt als Planetoiden-Entdecker, er hat nicht weniger als 23 dieser Himmelskörper zuerst aufgefunden. Im Jahre 1870 beobachtete er auf Sicilien die totale Sonnenfinsterniß vom 22. December, 1874 ging er zur Beobachtung des Venusdurchganges nach Peking, wo er den Planetoid (139) entdeckte, der nach Wunsch eines Gliedes der chinesischen Kaiserfamilie den Namen Juewa, d. i. chinesisch „Hoffnung China's", empfing. Bei der Sonnenfinsterniß vom 29. Juli 1878 glaubte Watson einen intermercurialen Planeten entdeckt zu haben. Derselbe ist auch Verf. eines Lehrbuchs der theoretischen Astronomie (1867).

Heinrich August Ludwig Wiggers, geb. 12. Juni 1803 in Altenhagen im Hannöver'schen, starb 23. Februar als außerordentlicher Professor in der medicinischen Facultät zu Göttingen. Wiggers erlernte 1817 bis 1822 in Copenbrügge Pharmacie, war dann 5½ Jahre in verschiedenen Apotheken thätig, studirte hierauf in Göttingen und wurde 1828 Assistent von Stromeyer (später von Wöhler) im chemischen Laboratorium zu Göttingen, 1837 Privatdocent und 1848 außerordentlicher Professor an der Universität und 1850 bis 1868 Generalinspector der hannöverschen Apotheken.

Robert Wilms, Geh. Sanitätsrath und Generalarzt erster Klasse, Leibarzt des Prinzen Georg von Preußen, berühmter Diagnostiker und Operateur, geboren 9. September 1824 zu Arnswalde, starb 24. September in Berlin. Nach Vollendung seiner medicinischen Studien in Berlin und Prag trat Wilms in seinem 25. Jahre als Assistenzarzt in das damals eben eröffnete Krankenhaus Bethanien zu Berlin ein, dem er seitdem beständig, seit 1862 als erster dirigirender Arzt, angehört hat.

Johann Emanuel Zellerstedt, schwedischer Bryolog, starb anfang April.

London 11. April. Er war 1. April 1802 zu Arbroath geboren, machte seine medicinischen Studien in Edinburg (1818), London und Paris (1822), wirkte dann kurze Zeit als praktischer Arzt, ging aber bald nach dem Continent und studirte in Florenz (unter Panizza), Paris, Wien, Heidelberg und Berlin (bei Rudolphi) Anatomie. 1831 fing er an, in Edinburg Vorlesungen über Anatomie zu halten und nahm 1836 bis 1874 den Lehrstuhl der Anatomie und Physiologie am University College in London ein.

George Wharton Simpson, durch seine Leistungen auf dem Gebiete der Photographie bekannter englischer Chemiker, Herausgeber der „Chemical News", starb zu Catford Bridge 15. Januar.

John Stenhouse, englischer Chemiker, geboren 21. October 1809 zu Glasgow, Schüler von Graham, Thomson und Liebig, eine Zeit lang Docent der Chemie an St. Bartholomew's Hospital in London, bis ihn eine Lähmung zur Aufgabe dieser Stellung nöthigte, 1865—1870 Probirer an der königlichen Münze, starb 31. December.

Friedrich Wilhelm Ernst Steudner, Professor an der medicinischen Facultät der Universität Halle, starb 26. Juli.

Gustav Stier, ehemals Professor an der Bauakademie in Berlin, starb daselbst 18. November.

Johann Heinrich Strack, ausgezeichneter Architekt, der in Berlin die Petri- und Andreaskirche, die Nationalgalerie und die Siegessäule auf dem Königsplatz gebaut hat, geboren 24. Juli 1805, starb als königl. preußischer Geh. Oberbaurath in Berlin am 13. Juni.

Alfred Swaine Taylor, englischer Arzt und Toxikolog, geboren im December 1806 in Northfleet, Kent, erster Inhaber des Lehrstuhles für gerichtliche Medicin in Guy's Hospital, auch lange Jahre Professor der Chemie, starb Ende Mai.

Karl Textor, ehemals Professor der Chirurgie an der Universität zu Würzburg, starb daselbst 31. Juli im 65. Lebensjahre.

David Thomson, Professor der Physik an der Universität Aberdeen, starb 63 Jahr alt anfang Februar.

Snellen van Vollenhoven, holländischer Entomolog und langjähriger Director des naturhistorischen Museums zu Leiden, geb. 18. October 1816, starb anfang April. Sein Hauptwerk ist die „Faune entomologique des Indes Orientales"; auch veröffentlichte er einen Band „Hemiptera—Heteroptera of Holland", schrieb ferner die Fortsetzung von Sepp's „Beschrijvingen en Afbeeldingen van Nederlandsche Vlinders" und begann ein Werk über die Ichneumoniden Nordwesteuropas unter dem Namen „Pinacographia"

Johannes Rudolph von Wagner, hervorragender chemischer Technolog, starb als Professor an der Universität zu Würzburg 4. October. Wagner wurde 13. Februar 1822 in Leipzig geboren, studirte dort, in Berlin und Paris Chemie, wurde 1846 an dem von Erdmann geleiteten Leipziger Universitätslaboratorium Assistent, 1850 Privatdocent an der Universität daselbst, 1851 Professor an der damals in Nürnberg bestehenden Polytechnischen Schule und 1856 an der Universität Würzburg. Er war als Jurymitglied oder Bevollmächtigter der Regierung bei den Ausstellungen in London (1862), Paris (1867),

Amsterdam (1869) und Wien (1873) thätig. Von seinen Schriften sind besonders „Die Chemie" (1850, 6. Aufl. 1873), „Handbuch der chemischen Technologie (10. Aufl. 1875) und sein „Jahresbericht über die Leistungen in der chemischen Technologie" (seit 1855) hervorzuheben.

François Hippolyte Walferdin, französischer Physiker, starb 26. Januar in Paris. Er war geboren 8. Juni 1795 zu Langres im Departement Haute-Marne, nahm an den Arbeiten Arago's und Dulongs über die Temperatur des Erdinnern theil, war dann bei der Douane angestellt, wurde 1848 Volksvertreter in der Constituante und lebte seitdem ganz der Kunst; eine prächtige Gemäldegallerie war das Ergebniß langjährigen Sammeleifers.

James Craig Watson, bekannter Astronom, geb. 28. Januar 1838 in Elgin County in Westcanada, starb 23. November als Director der Sternwarte von Madison in Wisconsin. Er studirte in Ann Arbor bei Brünnow Astronomie und nahm, als dieser nach Albany ging, um dort die Leitung der Dudley-Sternwarte zu übernehmen, dessen Platz als Astronom in Ann Arbor ein; als Brünnow 1860 nach Ann Arbor zurückkehrte, erhielt Watson den Lehrstuhl der Physik, wurde dann nach Brünnows Weggang 1863 wieder Director der Sternwarte in Ann Arbor und bekleidete seit 1879 dieselbe Stellung an der unter den Auspicien des Generals Washburne neu angelegten Sternwarte in Madison. Watson ist besonders bekannt als Planetoiden-Entdecker, er hat nicht weniger als 23 dieser Himmelskörper zuerst aufgefunden. Im Jahre 1870 beobachtete er auf Sicilien die totale Sonnenfinsterniß vom 22. December, 1874 ging er zur Beobachtung des Venusdurchganges nach Peking, wo er den Planetoid (139) entdeckte, der nach Wunsch eines Gliedes der chinesischen Kaiserfamilie den Namen Juewa, d. i. chinesisch „Hoffnung China's", empfing. Bei der Sonnenfinsterniß vom 29. Juli 1878 glaubte Watson einen intermercurialen Planeten entdeckt zu haben. Derselbe ist auch Verf. eines Lehrbuchs der theoretischen Astronomie (1867).

Heinrich August Ludwig Wiggers, geb. 12. Juni 1803 in Altenhagen im Hannöver'schen, starb 23. Februar als außerordentlicher Professor in der medicinischen Facultät zu Göttingen. Wiggers erlernte 1817 bis 1822 in Copenbrügge Pharmacie, war dann 5½ Jahre in verschiedenen Apotheken thätig, studirte hierauf in Göttingen und wurde 1828 Assistent von Stromeyer (später von Wöhler) im chemischen Laboratorium zu Göttingen, 1837 Privatdocent und 1848 außerordentlicher Professor an der Universität und 1850 bis 1868 Generalinspector der hannöverschen Apotheken.

Robert Wilms, Geh. Sanitätsrath und Generalarzt erster Klasse, Leibarzt des Prinzen Georg von Preußen, berühmter Diagnostiker und Operateur, geboren 9. September 1824 zu Arnswalde, starb 24. September in Berlin. Nach Vollendung seiner medicinischen Studien in Berlin und Prag trat Wilms in seinem 25. Jahre als Assistenzarzt in das damals eben eröffnete Krankenhaus Bethanien zu Berlin ein, dem er seitdem beständig, seit 1862 als erster dirigirender Arzt, angehört hat.

Johann Emanuel Zellerstedt, schwedischer Bryolog, starb anfang April.

Nikolaus Nikolajewitsch Zinin, berühmter russischer Chemiker, starb als Akademiker in St. Petersburg am 18. Februar. Zinin wurde geboren 13. August 1812 in Schuscha in Transkaukasien und studirte am Gymnasium zu Saratow und an der Universität Kasan. 1837 wurde er assistirender Professor an der letzteren und las anfangs über Physik und Mechanik, später auch über Chemie. Als die russische Regierung eine Reihe junger Docenten nach Westeuropa sandte, um die neueren chemischen Methoden zu studiren, befand sich auch Zinin unter ihnen. Er wandte sich zu Liebig nach Gießen und arbeitete mehrere Jahre in dessen Laboratorium. Nachdem er noch England, Frankreich und die Schweiz bereist hatte, kehrte er nach Rußland zurück und trat zunächst seine Professur in Kasan wieder an, ging aber dann nach Petersburg, wo er 1848 bis 1875 als Professor der Chemie an der medicinischen Akademie wirkte; 1855 wurde er auch in die Petersburger Akademie aufgenommen. Eine von ihm im Jahre 1842 veröffentlichte Arbeit über Organische Basen, entstanden durch Einwirkung von Schwefelwasserstoffgas auf Nitronaphthalen und Nitrobenzin bot das erste Beispiel von der Bildung organischer Basen durch Einwirkung reducirender Mittel auf Stickstoffverbindungen und bezeichnet zugleich die Richtung, in der die meisten späteren Forschungen Zinin's sich bewegt haben. Anderthalb Jahrzehnte später zeigte die mächtig aufblühende Anilinfarbenindustrie die hohe Bedeutung, welche diesen Forschungen auch in praktischer Hinsicht zukommt.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.